CHRONOLOGIE

ET

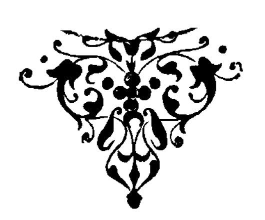
DESCRIPTION DES ROCHES IGNÉES

DU DÉSERT ARABIQUE

PAR

JULES BARTHOUX

LAURÉAT DE L'INSTITUT
CHEF DU SERVICE GÉOLOGIQUE DU MAROC



LE CAIRE
AU SIÈGE DE L'INSTITUT ÉGYPTIEN. — RUE CHEIKH RIHAN

—

1922

CHRONOLOGIE

ET

DESCRIPTION DES ROCHES IGNÉES

DU DÉSERT ARABIQUE

PAR

JULES BARTHOUX

LAURÉAT DE L'INSTITUT

CHEF DU SERVICE GÉOLOGIQUE DU MAROC



LE CAIRE

AU SIÈGE DE L'INSTITUT ÉGYPTIEN. — RUE CHEIKH RIHAN

1922

N° d'ordre
27

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LILLE

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Jules BARTHOUX

LAURÉAT DE L'INSTITUT
CHEF DU SERVICE GÉOLOGIQUE DU MAROC

1re THÈSE. — CHRONOLOGIE ET DESCRIPTION DES ROCHES IGNÉES DU DÉSERT ARABIQUE.

2e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 22 Xbre 1923. **devant la Commission d'Examen**

MM. CH. BARROIS, Membre de l'Institut..... *Président.*

A. LACROIX, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

MALAQUIN........................ } *Examinateurs.*
MAIGE............................ }

LE CAIRE
AU SIÈGE DE L'INSTITUT ÉGYPTIEN. — RUE CHEIKH RIHAN

1922

UNIVERSITÉ DE LILLE

FACULTÉ DES SCIENCES

MM.

Doyen	DAMIEN	Physique générale.
Assesseur	MALAQUIN	Zoologie générale et appliquée.
Professeurs	PETOT	Mécanique rationnelle et appliquée.
	BARROIS	Géologie et minéralogie.
	IWYNGEDAUW	Physique et électricité industrielle.
	MAIGE	Botanique.
	PÉLABON	Chimie générale.
	PASCAL	Chimie appliquée.
	CHAZY	Calcul différentiel et intégral.
	P. BERTRAND	Botanique appliquée.
	FOSSE	Chimie organique.
	CHATELET	Mathématique générale.
Professeur sans chaire	PAILLOT	Physique (P. C. N.).
Maîtres de Conférences	PRUVOST	Géologie et minéralogie.
	PARISELLE	Chimie.
	BRUHAT	Physique.
	CHAPELON	Mathématiques.
	KAMPÉ DE FÉRIET	Mathématiques.
	JOURNIAUX	Chimie appliquée (Université).
	DEHORNE	Zoologie.
Secrétaire	BOURY	

A MON MAITRE

MONSIEUR A. LACROIX

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
PROFESSEUR DE MINÉRALOGIE AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

En témoignage
de mon respectueux attachement

INTRODUCTION

Géographiquement et historiquement, l'Égypte est limitée à la vallée du Nil, c'est-à-dire à un ruban large de quelques kilomètres et s'étendant en longueur sur environ 1200 kilomètres, d'Assouan à la Méditerranée. Au delà, s'étalent des contrées formant avec elle un contraste brutal tant par leur topographie ou leur ethnologie que par leur allure géologique. Au sud, c'est la Nubie granitique et gréseuse, peuplée d'habitants négroïdes ; à l'est et à l'ouest, les vastes déserts de la mer Rouge et du Sahara. Pour l'observateur auquel échappent les différences morphologiques de ces deux contrées, le Nil semble traverser un immense désert. En réalité, sa vallée constitue un fossé peu profond séparant nettement deux régions qui prennent de ce fait une individualité flagrante. D'un côté, ce sont les dunes de la Libye, de l'autre, un plateau calcaire dénudé et pierreux, qui se continue, sans changer de caractère, jusqu'au Golfe Persique, interrompu par les puissantes chaînes de montagnes bordant la mer Rouge, et par celle-ci.

Si l'on tient compte de l'unité géologique de ce plateau, des affinités ethniques de ses habitants, et encore de la topographie des différentes régions qui le constituent, l'on comprendra aisément qu'aux anciens géographes, la mer Rouge soit apparue comme un *sinus*, ou golfe de l'océan Indien s'ouvrant dans l'Arabie. Pour eux, la vallée du Nil seule a de l'importance, et au delà, le désert de l'Est marquera le commencement de l'Arabie [1]. Ce terme d'après

1. Strabon, *Geographie*, IV, 5 ; Pline, V, 12, 1.

une explication ingénieuse serait la déformation par les Grecs de l'expression égyptienne *Ro-Ab*, ou portes du Levant [1].

J'ai conservé à ce désert la dénomination de désert Arabique, d'abord, à cause de son origine, et ensuite parce qu'elle est encore d'un emploi courant.

L'adjectif *arabique* semble devoir prêter à confusion, car il peut faire naître l'idée d'une région de l'Arabie actuelle ; mais je rappelle que la géographie a conservé, dans cette péninsule, la terminologie indigène, et les parties désertiques sont désignées sous l'appellation générique de « Déserts d'Arabie ». On leur maintient leurs noms arabes locaux, comme le Nedj, l'Hadramaout, etc. Donc, aucune confusion n'est permise, d'autant moins que l'usage de cette dénomination de désert Arabique appliquée au désert égyptien de la mer Rouge est consacrée par une littérature remontant aux premiers géographes. Elle est enfin de beaucoup préférable à celle de *désert de l'Est* ou *collines de la mer Rouge* que lui donnent les géologues anglais.

Mes premières explorations de cette contrée datent de l'hiver 1908-1909. Elles furent très limitées par suite des moyens dont je disposais alors ; aussi, me parut-il impossible d'en entreprendre une description systématique. Afin d'utiliser le mieux possible le temps qui m'était accordé, je me suis consacré uniquement à la recherche et à l'étude des endroits me paraissant devoir être le plus féconds pour mes recherches pétrographiques ; j'ai négligé délibérément les itinéraires ou les grands espaces ne pouvant donner lieu qu'à des observations longues et coûteuses, n'ayant qu'un intérêt descriptif local.

Les rares privilégiés qui ont fréquenté les déserts de l'Afrique ont éprouvé les pertes de temps qu'entraîne l'absence de carte détaillée ; tous savent aussi combien l'explorateur reste, malgré son désir, l'esclave de sa caravane, quel temps doit être consacré à des traver-

1. NAVILLE, *The Store City of Pithom*, 1888, p. 9.

sées interminables, quelles exigences, stériles pour ses recherches, lui sont imposées par les circonstances. Et cependant le temps est d'autant plus précieux que le désert n'est accessible qu'au cours de quelques mois de l'hiver. La méthode que j'ai employée réduisait donc les pertes et tendait vers un rendement maximum.

J'ai pu étudier les massifs d'Assouan, du Gebel Doukhan, de Sekkét, du Ouadi Gamal, du Sinaï, etc. sans me préoccuper de massifs éruptifs voisins ni m'attarder à observer la forme des gisements et leur étendue ou à corriger les détails des cartes précédemment éditées par le *Geological Survey of Egypt*. Ce travail eût été secondaire ou tout au moins d'un intérêt discutable.

Dès ma première exploration du Gebel Doukhan, il me parut indispensable, pour entreprendre une étude pétrographique fructueuse, de débrouiller la succession des roches éruptives dans cette chaîne où toutes sont mélangées en un chaos apparemment inextricable. A cet endroit, se présentaient des andésites antérieures aux granites, alors que d'autres andésites du sud étaient postérieures aux grès de Nubie. Un gisement de trachytes de Nagateir, signalé par M. Hume, me paraissait d'un âge énigmatique. Les basaltes du Sinaï et les basaltes méditerranéens voisins devraient-ils être confondus ?

C'est ainsi que, pour la résolution de ces premiers problèmes, j'ai été conduit à quelques études géologiques me permettant de fixer l'âge des roches éruptiveset de séparer, les unes des autres, les différentes éruptions dont les traces sont visibles.

L'esquisse géologique formant la deuxième partie de cet ouvrage n'a d'autre but que de caractériser autant que possible, d'après mes documents personnels, les terrains au milieu desquels ont pris place les roches éruptives. On verra qu'en effet presque chacun d'eux contient des gisements différents, depuis les plus anciens, jusqu'au miocène.

La géographie du désert Arabique a été dressée par le *Survey*

Department of Egypt; les relevés de Barron, Hume et Ball ont été coordonnés en une belle carte au 1/1.000.000, le seul document à peu près complet représentant cette région, car les travaux antérieurs manquent de précision, à l'exception toutefois des relevés sommaires et partiels de Schweinfurth, ou des relevés contemporains de la création du Canal de Suez.

Quelques études géologiques locales très intéressantes avaient été publiées à la fin du siècle dernier, auxquelles s'attachent les noms de Schweinfurth, Fuchs, Mayer-Eymar, Blankenhorn, Barron, Hume, Fourtau, etc. mais il était réservé au *Geological Survey of Egypt,* grâce à l'activité de Hume, Barron et Ball, de relever dans son ensemble la géologie du désert.

Je n'apporte à la connaissance de cette région d'autre contribution que celle de mettre de l'ordre dans les roches ignées, de définir leur âge, d'en donner la succession et de résoudre quelques problèmes soulevés par l'origine et la composition de certaines d'entre elles.

Ce travail a été achevé en 1911, il fut interrompu par de nouvelles explorations du désert de Péluse, puis par la guerre. Avant de le livrer à l'impression, j'ai ajouté à la deuxième partie quelques compléments résultant de mes explorations au voisinage de l'Isthme de Suez. J'ai supprimé un chapitre assez long au cours duquel j'étudiais le métamorphisme des roches éruptives de la deuxième série granitique. Ce sujet mériterait une attention spéciale en raison des vives discussions que les phénomènes de métamorphisme ont déjà soulevées. J'apporterai d'ailleurs à son étude, si j'ai l'occasion de l'entreprendre, un certain nombre d'observations nouvelles.

Mes recherches ont été aidées par le Ministère de l'Instruction publique legs Giffard et Missions), par l'Institut français d'Archéologie Orientale du Caire et enfin, très généreusement, par la Compagnie universelle du canal de Suez. L'étude des matériaux

recueillis dans mes explorations a été faite sous la direction de M. Alfred Lacroix et de M. H. Douvillé, qui m'ont aidé de leurs conseils et laissé profiter des ressources de leurs laboratoires ou de leurs collections, au Muséum d'Histoire naturelle ou à l'École des Mines. Il m'est agréable de leur en exprimer ici ma vive reconnaissance, et de me joindre à ceux qui doivent beaucoup à leurs savantes leçons comme à leur inlassable bienveillance. M. H. Douvillé a étudié et décrit la plupart des fossiles jurassiques et crétacés que j'ai eu la chance de trouver, en un magistral ouvrage considéré à juste titre comme l'un des plus beaux monuments de la Science française.

Je remercie également M. Cayeux, professeur au Collège de France, près de qui mes recherches ont trouvé le plus encourageant accueil. C'est sur sa présentation que je fus admis au nombre des membres de l'Institut français d'archéologie du Caire. Dans cette ville, j'ai rencontré M. Hume, superintendant du Geological Survey et M. Fourtau qui m'ont généreusement fait profiter de leur expérience — acquise par une fréquentation assidue des déserts égyptiens — comme de leur connaissance des terrains et des fossiles du nord de l'Afrique. Fourtau a examiné ou décrit tous les échinides que j'ai recueillis. La mort l'a surpris dans ce travail, au moment où il eût pu jouir du succès de ses « catalogues » paléontologiques, ouvrages dénotant à la fois une érudition puissante et un sens raffiné de naturaliste. Les mots me manquent pour exprimer ici ma gratitude émue à ce chercheur infatigable et modeste dont les conseils et l'amitié m'ont été souvent un précieux réconfort.

M. P. H. Fritel a mis en relief l'intérêt de la florule que m'ont donnée les *grès de Nubie* ; il a savamment exploité l'importance de ces matériaux en un mémoire qui doit paraître incessamment.

M. Ch. Barrois, membre de l'Institut, a bien voulu soumettre ce travail à un examen critique sévère.

J'exprime à ces savants, maîtres ou amis, la vive reconnaissance

que m'inspirent leurs égards et leurs bienveillantes attentions.

La plupart de mes matériaux, notes ou documents, laissés dans une ville qui devait plus tard souffrir de la proximité du front égyptien, ont été détériorés ou perdus ; mais toutes les roches ainsi que les espèces nouvelles ou rares de fossiles ont été déposées dans les collections du Muséum d'Histoire naturelle, de l'École des Mines, du Geological Survey of Egypt, ou se trouvent dans mes collections personnelles destinées à la Faculté des Sciences de Lille.

Il est regrettable que les espèces paléontologiques que j'ai recueillies de 1911 à 1914 n'ait été sauvées en totalité, car elles constituaient un ensemble précieux pour l'étude des formations égyptiennes jurassiques, crétacées, éocènes et miocènes.

HISTORIQUE

A. — Géologie Générale.

(Les n^os du texte ci-dessous se rapportent à la bibliographie qui fait suite.)

Il faut remonter à la *Description de l'Egypte* [1] pour rencontrer dans la littérature géologique les premières descriptions précises des roches du désert Arabique. Malheureusement, la science géologique est encore trop imprécise pour que DE ROZIÈRE puisse obtenir de ses recherches un résultat stratigraphique ou une chronologie d'un intérêt notable.

On est redevable à Mohammed-Ali Pacha des premières découvertes donnant une idée précise de la constitution du sol égyptien, car, en vue de développer les capacités productives de son pays, il fit explorer systématiquement les montagnes du désert Arabique. RÜPPEL et EHRENBERG [2] y voyagèrent dans ce but. Ils signalèrent le nummulitique, et, les premiers, publièrent un essai de carte géologique. Puis LEFÈBVRE [1] [4] y recueillit une collection importante de roches et rassembla des observations que sa mort prématurée, en Abyssinie, fit perdre à la Science. Le seul document qu'il en reste est une lettre adressée à Cordier, dans laquelle il mentionne la présence de formations tertiaires, du Caire à Syout, puis celle du crétacé en bordure du Nil, jusqu'à Esnéh. Selon cet auteur, le crétacé apparaît également au Caire (?) — ce qui n'est d'ailleurs pas impossible — dans le Ouadi Arabba, et au Sinaï : ainsi se trouve déterminé l'âge des grès qu'il recouvre. Enfin RÜSSEGER [5] confirme la distinction déjà établie entre le crétacé et le tertiaire. Pour la première fois, il signale la présence du nummulitique au Sinaï et du jurassique en Palestine. Cet auteur crée le terme de *grès de Nubie* définissant les grès monumentaux de Rozière « en

1. L'orthographe exacte du nom de cet explorateur est Lefèbvre et non Lefèvre.

aucun cas, dit-il, plus récents que le calcaire ». Il découvre un *Cyclas* au milieu d'eux à Assouan.

EHRENBERG [2, 7] essaie de caractériser paléontologiquement le tertiaire, mais celui-ci ne le sera vraiment que quatorze ans plus tard avec les travaux de BELLARDI [14].

NEWBOLD [10] [1] comme NASH [3] confond ensemble le tertiaire et le crétacé, mais par des observations précises montre qu'il faut établir une distinction entre le *grès de Nubie* et les *grès rouges* ferrugineux dont ORLEBAR [8] a entrevu la position à l'est du Caire et dont UNGER [16] décrira la flore après avoir établi paléontologiquement [15] leur âge.

VAILLANT [17] découvre ensuite le crétacé à l'est de Suez. Il le décrit dans une courte mais importante note, et mentionne les dépôts nilotiques à *Ætheria* de l'Isthme de Suez. C'est de cette époque que date le début des explorations de SCHWEINFURTH. Les premiers résultats sont connus par un mémoire de VON MARTENS [18] mais ne commenceront que dix ans plus tard à faire l'objet de publications importantes.

HOLLAND [19] qui a entrepris un voyage au Sinaï en rapporte des fossiles crétacés et nummulitiques étudiés par DUNCAN. OSCAR FRAAS [20], quelques mois plus tard, publie la relation de son voyage en Orient, mais n'apporte aucune contribution importante à l'histoire géologique de l'Égypte, si ce n'est la découverte, après ORLEBAR [8], du miocène à l'est du Caire.

LARTET [21] signale les grès dans la vallée de la mer Morte, DELANOÜE [22] étend jusqu'à Thèbes les limites du nummulitique, et SALTER [23] découvre le carbonifère continental (westphalien) dans la presqu'île du Sinaï, ce que confirme BAUERMANN [26], en recueillant des fossiles marins du même âge dans le Ouadi Nasb. Ce même auteur trouve aussi des fossiles crétacés dans le Tih et, à l'ouest de la péninsule, des terrains nummulitiques et miocènes. Les explorations de l'*Ordnance Survey of Sinaï* [24] n'ajoutent que peu de choses à nos connaissances.

Les travaux de percement du canal de Suez nous valent le mémoire intéressant de LAURENT [27] dans lequel les identifications de fossiles miocènes et récents par FISCHER et GAUDRY définissent la constitution géologique de

1. Cet auteur divise les terrains égyptiens en quatre formations : les grès de Nubie, le triasique, les craies et le calcaire nummulitique.

cette contrée. Fuchs [33] — puis plus tard Vassel [59] — tout en ignorant ce mémoire, arrivent aux mêmes conclusions, et posent, comme lui, le problème que fait naître l'apparition sur de grandes étendues de dépôts nilotiques dans l'Isthme.

Dès 1878 les résultats des explorations de Schweinfurth [35] commencent à être connus. Ses collections, jointes à celles de Rohlfs, vont alimenter les magistrales études de Zittel et de ses collaborateurs [37-41] où sont caractérisés tous les terrains alors connus de l'Égypte. Le crétacé, et les différents étages qu'il présente, sont délimités stratigraphiquement, et l'auteur, avec la collaboration de Unger, Fuchs, Mayer-Eymar, etc., peut dresser une carte d'ensemble en utilisant les relevés de Schweinfurth. Et d'ailleurs, pendant quinze ans encore, c'est à ce dernier explorateur que l'on sera redevable des découvertes les plus importantes en Égypte : en 1883, Schweinfurth [43] explore le Moquattam ; l'année suivante, il découvre le crétacé d'Abou-Roasch décrit ensuite par Mayer-Eymar [47], par Walther [52], puis par lui-même [57] et repris à nouveau par Beadnell [98]. Un an plus tard, il trouve le carbonifère du Ouadi Arabba [51] que Walther [58] étudiera en détail ; pendant ce temps, Hull [45], dont les recherches confirment l'existence du carbonifère au Sinaï, dresse une carte géologique approximative de la péninsule. Mitchell [53] montre l'extension du miocène au S.-O. du golfe de Suez. Ces formations étaient déjà signalées plus au nord par les cartes de Schweinfurth datées de 1877 [32].

En 1890, la constitution générale du sol égyptien est donc connue : le carbonifère a été étudié [15, 23, 24, 45, 50, 54, 58] ainsi que le crétacé [4, 17, 25, 37, 41, 47, 52] et la répartition de celui-ci apparaît déjà comme celle de l'éocène [2, 6, 7, 12, 14, 17, 18, 20, 22, 26, 37, 41, 43] et l'extension du miocène [8, 20, 30, 31, 41, 42, 43, 48, 53].

Blanckenhorn [60] étend à l'Égypte ses études de la Syrie. Après Lartet et Lyman Coleman (*The great Crevasse of the Jordan & of the Red Sea*, 1867), il essaie de caractériser l'effondrement érythréen. Attaché en 1897 au *Geological survey of Egypt* qui vient d'être créé (1896), Blanckenhorn entreprend une étude systématique du pays, et publie à ce sujet d'importants mémoires [89, 90, 99] ; Fourtau commence en même temps des travaux sur la faune échinitique d'Égypte [77 à 81] et, en collaboration avec Depéret [82], éta-

blit les divisions du miocène, par une note courte mais importante, tandis que BARRON, BEADNELL et HUME, du *Survey Dep*t, dressent des cartes précises du désert Arabique et du Sinaï, et commencent, dès 1900 [**83**, **84**, **85**, **86**], à résumer leurs travaux développés par la suite dans de volumineux mémoires, auxquels s'adjoignent les descriptions précises de BALL à partir de 1907 [**97**, **98**, **103**, **107**, **111**, **112**, **113**, **114**, **115**, **126**].

En 1898, HUME découvre des plantes fossiles dans le grès de Nubie (*in* SEWARD [**76**]) puis une faune importante que décrit BULLEN-NEWTON [**120**].

Les travaux du *Survey Department*, en précisant la répartition des principaux étages géologiques, permettent à BLANCKENHORN (*op. cit.*), puis à HUME [**124**], de montrer que les terrains égyptiens sont dus à une oscillation du sol donnant une transgression crétacique suivie d'une régression éocène. Les travaux paléontologiques publiés par CHAPMANN [**93**], FOURTAU (*op. cit.*), OPPENHEIM [**100**, **110**], FELIX [**104**, **106**], BULLEN-NEWTON [**71**, **130**] [1], etc., permettent aux géologues du *Survey Dep*t de caractériser les terrains dont ils relèvent la situation et l'étendue et qui sont désormais bien définis.

En 1910, je découvre [**122**] dans le grès de Nubie une florule que FRITEL étudie en détail, puis en 1913 le jurassique du Moghara [**132**] dont la faune fait l'objet d'un magistral mémoire de H. Douvillé [**136**]. La même année, HUME [**135**] décrit le miocène du G. Zeit (Ouest du golfe de Suez); dans une courte note (C. R. 1919, CLXIX, 857) dont la publication avait été interrompue par la guerre, j'établis une relation étroite entre les mouvements négatifs du sol et les éruptions volcaniques.

B. — Pétrographie générale : description des roches ignées.

E. DE ROZIÈRE, élève de Cordier, décrit avec une remarquable précision les roches des environs d'Assouan, de la route de Coçéir et du Sinaï, dans le monumental ouvrage de la *Description de l'Egypte*; bien que les méthodes d'examen des roches n'aient pas atteint la précision qu'elles ont acquise depuis, il n'y a guère qu'à modifier la terminologie de ses

1. A ces deux principaux mémoires doivent être ajoutées d'autres études négligées ici, à cause de leur caractère spécialement paléontologique.

mémoires, et à joindre de menus détails à ses descriptions. Il distingue les espèces suivantes :

Granites : diverses variétés ;
Syénite : granite à amphibole actuel ;
Sinaïte : syénite actuelle ;
Felsites et *porphyres : iophyre* (violet), *chlorophyre* (vert), etc. ;
Diabase, *mélaphyre* et *porphyre rouge antique*.

Cailliaud découvre en 1815 les mines d'émeraudes de Sekkét et du G. Zabara, dans les micaschistes de cette contrée, et Burton, en 1823, les carrières de *porphyre rouge antique*. Lefèbvre [**4**] recueille au cours de ses voyages, de 1835 à 1840, d'importantes collections de roches qu'il offre au Muséum d'Histoire naturelle de Paris, collections dans lesquelles Delesse [**12, 13**] puisera les éléments de ses deux notes relatives à la *syénite* d'Assouan et au *porphyre rouge antique*. Dans cette même collection se trouve un fragment de mycrosyénite néphélinique du G. Hadarba et un autre de basalte du Sinaï (Ouadi Nasb). Rüssegger [**6**] qui accomplit son célèbre voyage à la même époque nomme les roches recueillies au cours de ses itinéraires. Newbold [**10**] énumère quelques gisements, et Rochet d'Héricourt [**9**] croit voir dans les grès rouges, au-delà et au pied du Gebel Ahmar, des roches d'origine volcanique.

En 1851, Delesse donne la composition chimique des *syénites* et du *porphyre rouge antique* [**12**, **13**] ; se basant sur les observations de Lefèbvre, il démontre que le *porphyre rouge* passe insensiblement au *porphyre noir*. Fraas [**20**], Lartet [**21**, **25**], Holland [**24**], signalent quelques gisements de granites, de diorites, etc. ; Lartet [**25**] trouve des roches volcaniques en Syrie. Il mentionne la présence de *mélaphyre* dans le désert Arabique, près de Safaga, et au Sinaï, où il remarque aussi des *mimosites* (basalte riche en augite de Cordier).

Les premières descriptions microscopiques sont faites en 1871 par Bonney [**28**] d'après les collections que Palmer rapporte du Sinaï. De même, six ans plus tard, Liebisch [**31**] étudiera les collections de Schweinfurth : il donnera notamment les analyses microscopiques du granite rouge (Gebel Gattar) et

1. Cet explorateur signale une coulée de basalte à olivine à Bayouda (Nubie).

du *porphyre rouge antique*. Azruni [39] décrit le basalte d'Abou-Zâbel découvert par Schweinfurth (E. du Caire). Rutley [46] suppose les brèches du *porphyre rouge*, *in situ* et produites par des actions dynamiques. Bonney [49] examine les roches recueillies à Assouan par Dawson ; Miss Kath. Raisin étudie les roches rapportées de la même localité quelques années auparavant par Hawkshaw [64], puis celles de Lyons [68, 69] provenant du désert de Korosko. Elle y distingue les espèces suivantes : Granites, diorites, porphyrite (de Kalabchè), andésite (environs d'Assouan), basalte (Kormoon), diorite micacée et Kersantite (déjà signalée par Bonney), puis [69] hornblendite, gabbro, dolérite, etc.

Les recherches de Hume et Baron [97, 103, 111, 113, 115] mentionnent surtout les gisements des roches les plus communes, travail que continue Ball [112, 126] avec la même précision topographique que ses devanciers.

Les roches volcaniques ont été recueillies pour la première fois par Lefèbvre en Nubie et au Sinaï. Dans cette presqu'île-ci, elles sont découvertes à nouveau par Bauermann [26] et leur situation a été relevée plus récemment par Barron [113] et Murray [131]. Lartet [25] signale des mélaphyres à Safaja (Gebel Kéléhé) et au Sinaï (Pharan et G. Catharina), Schweinfurth [in 38] puis Blanckenhorn [94] trouvent après Ehrenberg et Acherson (*in* Zittel 4) des basaltes tertiaires (Abou-Zâabel, Pyramides et Fayoum). Walther [55, 56] montre ces mêmes roches dans ses coupes du Sinaï méridional, sans en donner l'âge. Lyons [68] et Miss Kath. Raisin [69] notent ou décrivent du basalte et de l'andésite au voisinage d'Assouan et de Korosko. Hume et Barron revoient la région de porphyrites du Gebel Doukhan en 1898, et relèvent d'autres gisements de ces roches, notamment près du rivage de la mer Rouge et sur la rive sinaïtique du golfe d'Akaba. Barron et Beadnell [*in* 116] remarquent à la même époque des basaltes dans le tertiaire voisin de Kénéh (Gebel Had) et d'Assiout. Enfin Hume [115, 116] reconnaît l'existance de roches volcaniques dans le Ouadi Natasch. Une microsyénite néphélinique recueillie par Barron dans le Gebel Hadarba, me conduit en 1908 à cette localité, et, je commence ensuite l'étude du Gebel Doukhan [117, 118]. L'année suivante. je relève en détail la région volcanique du O. Natasch, et y découvre d'importants gisements de roches sodiques notamment une syénite néphélinique et des *necks* de sölvsbergite [123] en grand nombre.

C. — Age et succession des séries éruptives.

La plupart des auteurs s'accordent à considérer la série granitique comme antérieure aux *grès de Nubie*, notamment RUSSEGER, ZITTEL et enfin les géologues du *Survey Dep*t *of Egypt*, ce qui est définitivement admis maintenant. On trouve cependant des opinions discordantes dans LEFÈBVRE qui voit le grès « bouleversé » par le granite d'Assouan, dans SCHWEINFURTH [**31**, **32**] auquel le granite semble prismatique par métamorphisme au contact des grès du Ouadi Mor, dans RABOISSON dont les idées, peu précises, se modifient par la suite [**87**]. FLOYER, JOHNSON PACHA (*in* BARRON et HUME [**97**]) se livrent à des observations semblables. BEADNELL [**121**] croit constater, comme Lefèbvre, une poussée des grès par le granite, dans les oasis. Ces observations s'excusent par la tendance qui s'affirme de confondre les basaltes récents avec les diabases anciennes ; or les premiers traversent en effet les grès du Sinaï ce que semble avoir observé Raboisson et que confirme WALTHER [**55**] au sud de la presqu'île.

DAWSON [**44**] est le seul auteur qui attribue aux granites un âge précis, en les plaçant au laurentien ou huronien, sans preuve, d'ailleurs.

Séries Volcaniques. — HUME et BARRON [**83**, **97**] notent la postériorité des porphyrites du G. Doukhan aux schistes et leur antériorité aux granites.

Du fait de la découverte de SALTER et BAUERMANN, l'âge du basalte du Sinaï est naturellement attribué au carbonifère, conclusion qu'accepte aussi BARRON [**113**], dans un important mémoire.

LEFÈBVRE remarque la situation des basaltes de Bayouda (Nubie) au-dessus des grès [**3**]. LARTET [**25**] place ses *Mimosites* dans le crétacé. O. FRAAS [**20**] considère les roches d'origine volcanique contemporaines des granites, BEYRICH [**38**] leur attribue un âge tertiaire supérieur, BLANCKENHORN [**94**] puis récemment BARRON [**114**] attribuent à l'oligocène les épanchements basaltiques du Fayoum et du désert situé entre le Caire et Suez.

HUME [**116**], résumant ses recherches et celles du *Survey Dep*t, distingue des roches d'âges suivants :

1° *pré-carbonifères :* granites, diorites, syénite néphélinique, gabbro et andésites [1] ;

1. L'auteur fait remarquer la postériorité des granites rouges aux gabbros.

2° *carbonifères :* basaltes du Sinaï;
3° *post-carbonifères :* volcans du O. Natasch;
4° *oligocènes :* basaltes méditerranéens.

En somme, les granites sont connus de longue date ; les gabbros et les kersantites sont découverts par BONNEY et KATH. RAISIN (1886-1893-1897), les roches sodiques, recueillies par LEFÈBVRE (1835) et BARRON (?) et étudiées par moi-même (1908).

Les andésites du G. Doukhan sont signalées par BURTON, revues par LEFÈBVRE, étudiées par DELESSE (1823, 1835, 1851). Leur âge relatif est indiqué par BARRON et HUME (1900).

Les basaltes du Sinaï ont été vus pour la première fois par LEFÈBVRE, puis par BAUERMANN (1869), et leurs gisements relevés par BARRON (1907).

HUME, en 1907, précise la situation des roches volcaniques du Ouadi Natasch au milieu des grès de Nubie, alors que LARTET avait soupçonné des roches crétacées de même origine (v. précédemment).

C'est à EHRENBERG [1], puis à SCHWEINFURTH, que l'on doit la découverte des basaltes tertiaires (1883) attribués à tort par BLANCKENHORN (1901) à l'oligocène.

HUME, en 1908, est le seul des auteurs précédemment cités qui ait tenté d'établir la succession des roches éruptives.

D. — Succession des roches profondes.

RÜSSEGER [5] et LARTET [25] notent des filons de diorite traversant les granites du Sinaï. Pour Miss KATH. RAISIN [64], les granites et les diorites sont à la base de la série éruptive, puis apparaissent les felsites, les diabases et, postérieurement, pense l'auteur, les andésites. Finalement les basaltes sont mis à jour.

Avec HUME et BARRON [97] des précisions sont données par la succession suivante : dolérites (microdiorites, labradorites), granite rouge et felsites. Il est vrai que les pages antérieures à ces conclusions laissent subsister un doute sur la situation des diorites, que les auteurs observent tantôt antérieures, tantôt postérieures aux granites.

1. Le basalte tertiaire de Libye a été signalé par Ehrenberg à Sokna (in Zittel [41]).

Barron [**113**] établit nettement, comme il suit, la position relative des granites :

1° *granite rouge* ;
2° *granite rose* ;
3° *granite gris* (le plus ancien).

Comme Rüsseger et Lartet, il considère les diorites postérieures aux granites. Ball [**112**] ne s'applique guère à rechercher l'âge relatif des roches de la première cataracte : il conclut, de ses études, que les granites sont anciens et les filons de basalte vraisemblablement crétacés. Hume [**116**], ainsi que Ball, ne tente pas davantage de résoudre autrement cette question au cours d'un autre mémoire volumineux [**126**] postérieur au précédent. De sorte que la succession des roches, considérées dans leur ensemble, était au point où l'avait mise Barron en 1907, puis Hume dans sa note de 1908, au moment où ont commencé mes explorations.

Nota. — Dans la liste bibliographique qui suit, j'ai intentionnellement omis les voyages n'ayant aucun caractère géologique, ainsi que des mémoires devenus classiques, et trop connus pour être cités à nouveau, d'autres sans grand intérêt comme ceux de Gaillardot, de Renaud (Isthme de Suez), de R. Owen, Figari, Floyer, ainsi que nombre de travaux paléontologiques intéressants mais très spéciaux.

BIBLIOGRAPHIE

ABRÉVIATIONS COURANTES :

C. R.	= Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences, Paris.
B. S. G. F.	= Bulletin de la Société Géologique de France, Paris.
B. I. E.	= Bulletin de l'Institut égyptien, Le Caire.
G. M.	= Geological Magazine, London.
Q. J.	= Quarterly Journal of the Geological Society, London.
Z. d. d. g. G.	= Zeitsch. der deutsche geologische Gesellschaft, Berlin.
Ab. d. k. Ak.	= Abhandl. d. kaiserlische Akad. d. Wiessenschaft, Berlin.
Z. d. k. bay. Ak.	= Zeitschrift der kaiserl. bayerische Akad. d. Wiessensch, München.

1 1826 Description de l'Egypte : XX ; XXI, et *Atlas*, *Sc. Nat.*

2 1827 EHRENBERG. Beitrage zur Character. der nordafricanische Wüste : *Ab. d. berliner Ak.*

3 1837 NASH. On the Geology of Egypt : *London Edinburg New Philos. Jl.* XXXII.

4 1839 LEFÈBVRE. Lettre à Cordier sur la géologie de l'Egypte : *B. S. G. F.* X, 144.

5 — RÜSSEGER. Lettre... : *Ibid.* 234.

6 1841-49 — Reisen in Europa, Asien und Africa, 4 v. Stuttgart.

7 1841 EHRENBERG. *London Edinburg New Philos. Jl.* XVIII. 394, 445.

8 1845 ORLEBAR. Some Observations on the Geology of the Egyptian Desert : *Jl. of the Bombay branch of the Royal Asiatic Society.*

9 1846 ROCHET d'HÉRICOURT. Observations géologiques recueillies en Egypte : *B. S. G. F.* (2) III, 541.

10 1847 NEWBOLD. On the geology of Egypt : *Q. J.* IV, 324.

11 — — On the Silificied woods of Egyptian Desert : *Ibid.* 349.

12 1851 DELESSE. Sur la syénite rose d'Assouan : *B. S. G. F.* VII, 484 et *Q. J.* VII, 9.

13. — — Sur le porphyre rouge antique : *Ibid.* 525.

14 1855 BELLARDI. Catalogo raggionato dei fossili nummulitici d'Egitto : *Mem. della Reale Acad. d. Torino* XV, 171, et Liste des fossiles nummulitiques d'Egypte : *B. S. G. F.* VIII, 261.

15 1858 UNGER. Lettre à Viquesnel : *B. S. G. F.* XVI, 136.

16 1859 — Die Versteinerte Wald bei Cairo : *Sitz. k. Ak. Wiessensch.* en Will.

17 1864 VAILLANT. Sur la constitution géologique de quelques terrains des environs de Suez : *C. R.* LIX, 867, et *B. S. G. F.* (2) XXII, 277.

18 1865 MARTENS. Arabische Wüste : *Ab. d. k. Zool.-Bot. Ges.* Wien.

19 1866 HOLLAND. On the Geology of Sinaï : *Q. J.* XXII, 491.

20 1867 O. FRAAS. Aus dem Orient : 1 vol. Stuttgart.

21 1868 LARTET. Sur la formation des grès rouges en Asie et en Afrique : *B. S. G. F.* XV, 490.

22 — DELANOÜE. Sur la constitution géologique des environs de Thèbes : *C. R.* LXVII, 704, obbservations d'Archiac. 707.

23 — SALTER. On a True-Coal Plant from Sinaï : *Q. J.* XXIV, 509.

24 1869 HOLLAND. *In* Ordnance Survey of Sinaï : *Geological notes.*

25 1869-70 LARTET. Essai sur la géologie de la Palestine : *Ann. des Sc. Géol.* I, 5; III, 1.

26 — BAUERMANN. Geological reconnaissance in Arabia Petræa : *Q. J.* XXV, 17.

27 1870 LAURENT. Essai géologique sur ... l'Isthme de Suez : *Annales de la Soc. d. Anciens Élèves des Écoles d'Arts & et Métiers* XXIII, 93.

28 1871 BONNEY. *In* PALMER. Desert of the Exodus.

29 — TATE. On the Age of Nubian Sandstone : *Q. J.* XXVII, 404.

30 1874 MILNE. Geological notes on Sinaï peninsula & N-W Arabia : *G. M.* XXXI, 1.

31 1877 LIEBISCH. Ueber die von Dr. Schweinfurth in der mittelægyptischen Wüstgesammelten massigen Gesteine : *Z. d. d. g. G.* XXIX, 712.

32 — SCHWEINFURTH. Reise in der Arabischen Wüste : *Peterman's Mitteil.* XXIII, 388.

33 1878 FUCHS. Geologische Beschaffunge der Landenge von Suez : *Denk. d. k. Ak. d. Wiess. Wien* XXXVI. (Voir 47.)

34 — KLUNZINGER. Ober-Ægypten, 1 vol. Stuttgart.

35 — SCHWEINFURTH. La terra incognita dell'Egito : *Esploratore.* Milano.

36 1879 KLUNZINGER. Die Umgegend von Qosseir... : *Z. d. G. für Erdkunde.* Berlin, XIV, 407.

37 1880 ZITTEL. Ueber geologische Bau der Libyschen Wüste : *Festrede Sitz d. k. bay. Ak.* Munich

38 1882 BEYRICH. Ueber geognostische Beobachtungen Dr. Schweinfurth's

in der Wüste zwischen Cairo & Suez : *Sitz. Ak d. Wiess.* Berlin, V, 163.

39 1882 AZRUNI. Untersuchung der vulcanischen Gesteine aus der Gegenden von Abou-Zabel am Ismaïlia-Canal : *Ibid.* 178.

40 1883 RABOISSON. Contribution à l'histoire géologique de la Péninsule Sinaïtique : *C. R.* XCIV, 282.

41 — ZITTEL. Beitrage zur Geologie und Paleontologie der Libyschen Wüste : *Palæontographica* XXX [1]. XXX [2].

42 — FUCHS. Miocän Fossilen. *Ibid* (collab. *in* Zittel avec Mayer-Eymar, Unger etc.).

43 — SCHWEINFURTH. Ueber die geologische Schichtengliederung des Mokattam : *Z. d. d. g. G.* XXXV, 709, 723.

44 1884 DAWSON : Notes on the Geology of the Nile Valley : *G. M.* 289, 385, 439, 484, 576.

45 1885 HULL. Mount Seir, Sinaï. Palestine 1 vol. Dublin.

46 — RUTLEY. Brecciated Porfido Rosso : *Q. J.* (2) XLI, 157.

47 1886 MAYER-EYMAR. Zur Geologie Ægyptens : *Viertel Jahrschr. Naturforschr. Gesell.* Zurich.

48 — DAWSON. Note on geological relations of Rocks from Assouan : *G. M.* XIII, 101.

49 — BONNEY. Microscopic structur of Rocks from Assouan : *Ibid.*, 103.

50 — HULL. Geography & Geology of Arabia Petraea : 1 vol. Dublin.

51 — SCHWEINFURTH. Sur la découverte d'une faune paléozoïque dans les grès d'Egypte : *B. I. E.* (2).

52 1887 WALTHER. L'apparition de la craie aux environs des Pyramides de Gizeh : *B. I. E.* (2).

53 — MITCHELL. Ras Jemsa & Gebel Zeit. Cairo.

54 1887 SCHWEINFURTH. Sur une expédition géologique dans le Ouadi Arabba. *B. I. E.* (2) VIII, 146.

55 1888 WALTHER. Die Korallenriffe der Sinaïhalbinsel : *Ab. d. k. Sachs Ges. d. Wiess.* XIV, 437

56 — — Ueber eine Forschungsreise aus der Sinaïhalbinsel : *Verhandl. d. Ges. für Erdkunde.* Berlin, 244.

57 1889 SCHWEINFURTH. Die Kreideregion bei den Pyramiden : *Petterm. Mitt.* 1.

58 1890 WALTHER. Ueber eine Kohlenkalk Fauna aus der ægyptischarabischen Wüste : *Z. d. d. g. G.* XLII, 419.

59 — VASSEL. Sur les faunes de l'Isthme de Suez : *B. Soc. Sc. Nat.* Autun III, 15.

60 1890 Blanckenhorn. Beitrage zur Geologie Syriens, 1 v. Cassel.

61 1891 Walther. Die Denudation der Wüste : *Ab. Sachs. Ges. d. Wiess.* XVI, 347.

62 1893 Rothplez. Stratigraphie der Sinaïhalbinsel : *Neu Jahrb. f. Min.* I, 101.

63 — Blanckenhorn. Die Structurliniens Syriens und des Roten Meeres : *Von Richtofen Festschr.* Berlin 115.

64 — Miss Raisin. Rock Specimens from Upper Egypt : *G. M.* XVIII, 436,

65 1893-96 Mayer-Eymar. Quelques mots sur les nouvelles recherches relatives au Ligurien et Tongrien : *B. I. E.* IV, 165 ; V, 215, 377 ; VI, 85 ; VII, 203.

66 1894 Schelwien. Ueber eine angeblische Kohlenkalk Fauna aus der æegyptische-arabische Wüste : *Z. d. d. g. G.* XLVI.

67 — Fourtau. Étude géologique sur le Gebel Ahmar ; *B. I. E.* V.

68 — Lyons. On the Stratigraphy and Physiography of the Libyan desert : *Q. J.* L. 531.

69 1897 Miss Raisin. in Lyons : Nubian desert of Korosko : *Q. J.* LIII, 364.

70 — Fourtau. Note sur la stratigraphie du Mokattam : *B. S. G. F.* (3) XXV, 208.

71 1898 B.-Newton. On some Cretaceous Shells from Egypt : *G. M.* V, 394. Note on the Tertiary Shells from Egypt. *Ibid.* 531.

72 — Fourtau. La côte Ouest du Sinaï : *B. S. Khédiv. de Géogr.* (5) I.

73 — — Note sur l'âge des forêts pétrifiées : *Ibid.* II.

74 — Revision des Echinides fossiles d'Egypte : *Mém. I. E.* III.

75 — — Sur les sables à Clypeaster des environs des pyramides : *B. S. G. F.* XXVI, 39.

76 — Seward. Fossil Plants : II, 389. (Cf. *G. M.* 1907. 253.)

77 1899 Fourtau. Observation sur les terrains éocènes et oligocènes d'Egypte : *B. S. G. F.*, XXVII, 480.

78 1900 — Sur la constitution géologique du Massif du Galala : *B. S. G. F.* (3) XXVII, 33, 1001.

79 — — Note sur les échinides fossiles : fasc. I Le Caire.

80 — — — — : fasc. II. *B. I. E.* (4), 11.

81 — — Sur le crétacé d'Abou-Roach : *C. R.* CXXXI, 629.

82 Dépéret et Fourtau. Sur les terrains néogènes de la Basse-Egypte. *Ibid.* 401.

83 — Barron & Hume. Notes sur la Géologie du désert oriental de l'Égypte : VIII. 2[e] *Congrès Intern. de Géol.* Paris 867.

84 — Hume. Sur les Rift-Valleys de l'Est du Sinaï : *Ibid.* 900.

85 1900 Hume. Sur la géologie du Sinaï oriental : *Ibid.* 731.

86 — Beadnell. Découvertes géologiques récentes dans la vallée du Nil : *Ibid.* 839.

87 — Raboisson. Exploration géologique de la Péninsule sinaïtique : *B. I. E.* II, 25, 53.

88 — Walther. Das Gesetz in Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit, Berlin.

89 — Blanckenhorn. Neues zur Geologie und Paleontologie Ægyptens : *Z. d. d. g. G.* 21.

90 — Blanckenhorn. Das Oligocän : *Ibid.* 403.

91 — A. Fraas. Geognostische Profil vom Nil zum Rothen Meer : *Ibid.* 569.

92 — Issel. Essai sur la formation de la Mer Rouge : *B. Soc. Belge de Géol.* XIII.

93 — Chapmann. Tertiary foraminifères limestone from Sinaï : *G. M.* XXVII, 308, 367.

94 1901 Blanckenhorn. Das Miocän : *Z. d. d. g. G.* LIII, 52 ; Das Pliocän : *Ibid.* 307.

95 1902 Fourtau. Sur le grès Nubien : *C. R.* CXXXV, 803.

96 — — Contribution à l'étude géologique de l'Isthme de Suez : *Congrès Ass. p. l'avancement des Sc.* Montauban, 222.

97 — Barron & Hume. Eastern desert of Egypt. — Central portion. 1. v. Cairo.

98 — Beadnell. Reporton the Cretaceous Region of Abu-Roash. Cairo.

99 — Blanckenhorn. Neue geologische stratigraph. Beobachtung in Ægypt : *Sitz. d. k. Bay. Ak.* XXXII, 353.

100 — Oppenheim. Ueber die Fossilen der Blättermergel von Theben : *Ibid.* 435.

101 — Shomer. Ueber eine Reise nach Ægypt : *Ibid.* 341.

102 1903 Fourtau. Sur le Turonien d'Abou-Roach : *C. R.* CXXXVII, 584.

103 — Barron & Hume. Report on the Geology & Topography of the Eastern Desert, Southern portion. Cairo.

104 — Felix. Korallen aus ægyptische Miocænbildung : *Z. d. d. g. G.* LV, 1.

105 — Dacque. Mitteilungen über Kreidekomplex von Abu-Roasch : *Palæontographica* XXX.

106 1904 Felix. Studien über Tertiäre und Quaternäre Korallen & Rirkalke aus Ægypten und Sinaihalbinsel : *Palæontog.* LVI.

107 — Barron. Lower Miocen Beds beetwen Cairo & Suez : *G. M.* XXXI, 603.

108 1905 BARRON. Age of the Sandstone, Lavas and Petrified Forest. : *Ibid.* XX XII, 58.

109 — LUCAS. Blackened Rocks of the Nile Cataract, Cairo.

110 1906 OPPENHEIM. Zur alteren tertiärer Faunen in Ægypten : *Palæontog.* XXX.

111 — HUME. Topography and Geology of the Peninsula of Sinaï-Eastern portion. Cairo.

112 1907 BALL. Description of the First or Aswan Cataract, Cairo.

113 — BARRON. Topography and Geology of the Peninsula of Sinaï Western portion, Cairo.

114. — — Topography and Geology of the district beetwen Cairo & Suez, Cairo.

115 — HUME. Preliminary Report on the Geology of the Eastern Desert, Cairo.

116 1908 — Notes on the Petrography of Egypt : *G. M.* V, 500.

117 — COUYAT. Roches éruptives du désert Arabique : *C. R.* CXLVIII, 867.

119 — — Le porphyre rouge antique : *Ibid.* 988.

120 1909 B. NEWTON. On some Fossils from the Nubian Sandstone : *G. M.* XXXVI, 352 ; 388.

121 — BEADNELL. The granite Ridge of the Kharga Oasis : *Q. J.* LXV, 41.

122 1910 COUYAT & FRITEL. Sur la présence des végétaux fossiles dans les grès d'Assouan : *C. R.* CLI. 961.

123 — COUYAT. Roches sodiques du désert Arabique : *Ibid.* 1138.

124 1911 HUME. Secular Oscillations in Egypt during the Cretaceous and Eocen Periods : *Q. J.* LXVII, 118.

125 1912 COUYAT & FRITEL. Empreintes fossiles des environs de Suez : *C. R.* CLV, 799.

126 — BALL. Topography & Geology of the Southern Desert of Egypt, Cairo.

127 — CANU. Etude comparative des Bryozoaires helvétiens de l'Egypte avec les Bryozoaires vivants de la Méditerranée et de la Mer Rouge : *B. I. E.* VI.

128 — FOURTAU. Sur les divisions de l'Éocène en Egypte : *C. R.* CLV. 116.

129 — H. DOUVILLÉ. Description des Rudistes de l'Egypte : *Mém. I. E.* VI.

130 — B. NEWTON. On the Lower Tertiary Mollusca of the Fayoum : *Proc. of the Malacology Soc.* X.

131 — MURRAY. The Hamada Country : *The Cairo scientific Jl.* VI, 264.

132 1913 COUYAT & H. DOUVILLÉ. Le Jurassique dans le désert de Suez : *C. R.* CLVII, 265.

133 1913 Fourtau. Note sur les échinides fossiles... *B. I. E.* VII.
134 1914 H. Douvillé & Couyat. Le massif du Moghara... : *C. R.* CLIX. 565.
135 1916 Hume. Report on the oilfields Region of Egypt, Cairo.
136 — H. Douvillé. Les terrains secondaires dans le massif du Moghara... *Mém. Ac. d. Sc.* (1e partie).

CARTES GÉOLOGIQUES A CONSULTER :

Carte synthétique *in* Zittel [41].
Carte géologique internationale de l'Europe feuille 48.
Cartes diverses des publications citées de Hume, Barron, Ball, éditées par le *Survey Department of Egypt* (échelles diverses).
Carte d'ensemble au 1 : 1.000.000 du *Geological Survey of Egypt*.

PREMIÈRE PARTIE

DESCRIPTION DU DÉSERT ARABIQUE

CHAPITRE I

GÉOGRAPHIE GÉNÉRALE

Chaîne Arabique[1]. — Les géographes modernes mentionnent généralement la Chaîne Arabique en bordure du Nil. Or, à la limite de la vallée, c'est-à-dire quelques kilomètres au delà du fleuve, ne s'élève qu'un plateau calcaire et gréseux de deux à trois cents mètres d'altitude auquel on ne peut donner le nom de montagne. Celle-ci s'allonge en bordure de la mer Rouge et la succession de ses massifs puissants, liés par des contreforts compliqués, donne véritablement la Chaîne Arabique.

En émergeant brusquement du plateau environnant, elle apparaît comme une immense arête, indépendante par sa structure, comme par sa constitution schisto-cristalline.

Les premiers pointements granitiques surgissent au pied du Galala, à 28°40′ de lat. N.; leur gisement, étendu tout d'abord de 15 km., s'élargit, passe rapidement à 35 km. et, progressivement, atteint 100 km. — dimension qui se maintient en bordure de la mer Rouge — pour s'accroître encore dans le désert de Nubie (fig. 1).

De grands massifs, élevés de 2.000 mètres environ, la jalonnent en trois endroits à peu près équidistants : le Gebel Gharib au nord, les gebels Gattar et Doukhan au centre, et enfin le Gebel Hamata entouré de contreforts également puissants et compliqués, au sud (fig. 2).

1. Les abrévations suivantes seront couramment usitées : O. = Ouadi ; G. = Gebel.

Les parties intermédiaires sont formées de petites collines, d'une hauteur variant de 400 à 900 mètres, se rattachant à d'autres massifs moins importants

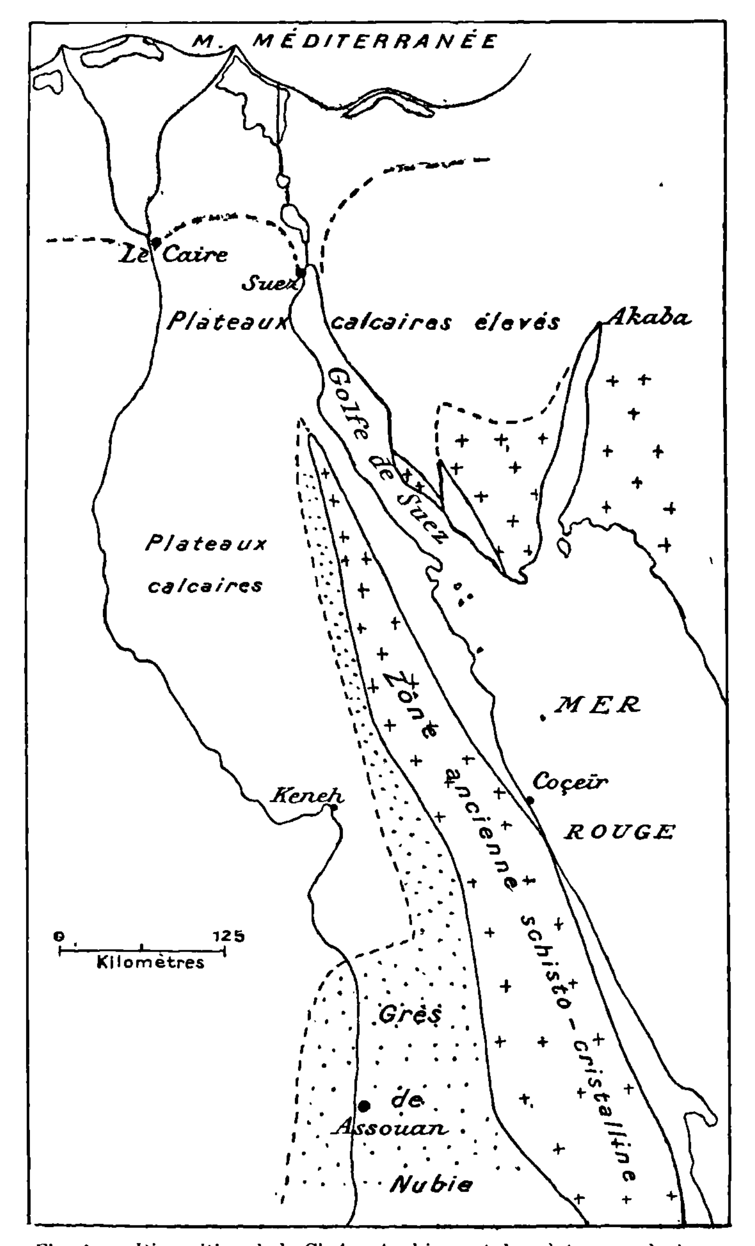


Fig. 1. — Disposition de la Chaîne Arabique et des plateaux calcaires.

que les premiers mais néanmoins élevés et étendus, comme ceux du G. Fatira (1.500 m.), du G. Sekkét (1.360 m.).

En face de ces montagnes et symétriquement, au delà du Golfe de Suez, se dresse le massif du Sinaï dont l'altitude maximum est voisine de 3.000 mètres.

La constitution de la Chaîne Arabique, prise dans son ensemble, est des plus simples. Au nord, elle est presque uniquement granitique ou dioritique ; au sud, dès 26°37′ de latitude, les schistes prédominent, percés par endroits de pointements granitiques, dioritiques ou gneissiques, dont le plus étendu, de beaucoup, est le massif du Hamata long de 90 km., large d'environ 20 km. et dirigé dans le sens de la chaîne (voir cartes du *Survey Dep*t. Le Caire), en bordure de la mer.

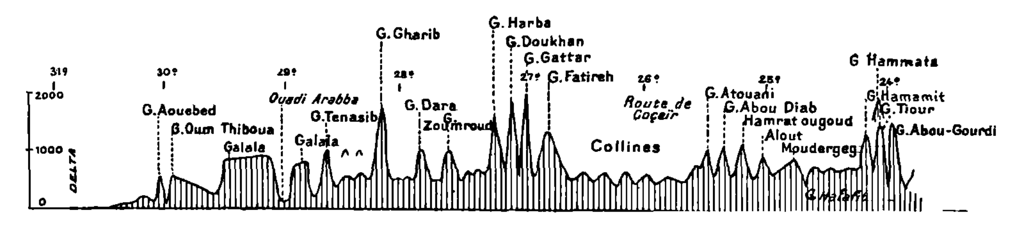


Fig: 2. — Profil longitudinal de la Chaîne Arabique.

Plateaux. — Au nord et à l'ouest de la chaîne, s'étale un immense plateau calcaire et gréseux s'appuyant sur le flanc occidental de la montagne. Il la contourne légèrement à son extrémité, et s'étend au delà du golf de Suez, entre le massif sinaïtique et la Méditerranée. Sa bordure méridionale, dans la péninsule, s'appelle le *Tih* : égarement. Après avoir dépassé 3.000 m. d'altitude, il s'abaisse doucement à 650 m. au niveau de Suez, où il s'arrête brusquement sur la dépression de l'Isthme. Son versant méditerranéen se termine par les massifs isolés des gebels Yallag (1.090 m.), Hallal (900 m.) et Moghara (602 m.).

Le plateau Arabique est aussi limité brusquement à la mer Rouge, par une falaise élevée de 900 m. à 1.200 m. Il s'achève au nord par les ressauts du Galala (1.250 m.), de l'Ataka (890 m.) et du Géneffé) 240 m.), séparés par d'importantes dépressions (fig. 3). A l'ouest et au sud, il devient régulier et descend sur la vallée du Nil à une altitude moyenne de 200 m., donnant ainsi une dénivellation minimum de 1.000 m. en tous sens.

Au delà de la boucle du Nil commence un plateau gréseux en continuation du précédent, entre le fleuve et la Chaîne Arabique. Son altitude moyenne est 350 m. environ ; il s'élargit ensuite des deux côtés du fleuve avant d'atteindre la Nubie (fig. 1).

Vallées. — La ligne de partage des eaux s'allonge parallèlement à la mer Rouge et s'en maintient à une distance variant de 30 à 55 kilomètres ; au nord, dans le plateau calcaire, elle se rapproche de l'Égypte. Sur le versant érythréen, les vallées sont donc de plus en plus longues du sud au nord, contrairement à ce qui apparaît sûr le versant égyptien. L'examen de celui-ci montre toutes les vallées tributaires du Nil normales à son cours : aussi le fleuve semble-t-il s'être creusé dans un fond synclinal, ou suivant le thalweg d'une vallée très ouverte, la ligne de plus grande pente se montrant partout perpendiculaire à sa direction. Ainsi, au point où le fleuve après Kéneh coule vers l'ouest, le O. Keneh y débouche, venant du nord, alors qu'ailleurs les vallées se dirigent de l'est à l'ouest.

Une seule vallée importante, méditerranéenne, draine le puissant plateau calcaire du Sinaï.

Dans les parties basses, les lits des larges vallées sont recouverts d'un cailloutis grossier cimenté de sable ou d'alluvions plus fines. La surface reste sableuse ou caillouteuse. Les lits sableux sont la règle, dans les régions surbaissées et adoucies par l'érosion. Les endroits élevés maintiennent aux vallées leur caractère torrentiel indiqué par un fond de cailloux grossiers, de plus en plus volumineux et anguleux au fur et à mesure que l'on remonte le thalweg (Pl. IV, fig. 2). Les torrents quoique éphémères acquièrent assez de force pour user et entraîner à la longue ces éboulis, et former de volumineux cônes de déblais (O. Beli) en débouchant dans la plaine.

Routes. — Les plateaux ou les montagnes sont difficilement accessibles. Les premiers sont sillonnés d'un *plexus* d'ouadis capricieux, recouverts d'éboulis grossiers ou bien montrent la roche à nu, polie par les torrents qui descendent en cascades impraticables. La surface de ces plateaux, recouverte de cailloux usés par les vents ou éclatés par les variations de chaleur, porte le nom de *hamadât* ou désert pierreux.

La montagne n'est guère plus praticable : les éboulis rendent les ascensions longues et difficiles et les vallées torrentielles qui en proviennent sont encombrées de blocs erratiques si volumineux qu'il est difficile de s'y engager.

Les routes fréquentées sont donc imposées par l'enchaînement naturel des larges dépressions. Leur nombre par conséquent est très limité. Elles suivent

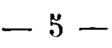


Fig. 3. — Profils du désert Arabique à différentes latitudes : 1, du Caire à Suez ; 3, plateau du Galala ; 4, plateau calcaire de Sohag, et collines du G. Doukhan ; 2. extinction du plateau sur le versant méditerranéen.

les grandes vallées qui aboutissent au Nil, franchissent la montagne dans les régions basses où les collines leur livrent des cols spacieux et des ouadis au profil adouci, exempts de déblais grossiers.

Climat. — Mirages. — Le climat est celui des zones torrides, mais régulièrement sec, l'année entière, avec des variations de température dépassant parfois 16° entre le jour et la nuit. Les roches surchauffées le jour deviennent brûlantes dans les vallées exposées au soleil. Près du O. Atschan, exposé la journée entière aux rayons du soleil, j'ai observé une température de 68° au contact même du granite.

Les mirages, que Monge a expliqués par la réfraction des couches d'air ainsi réchauffées au contact du sol, sont fréquents dans les régions aplanies. Ils apparaissent avec les fortes chaleurs du matin, c'est-à-dire vers 10 heures pour cesser dès 15 heures, donnant l'impression de nappes d'eau ou de fleuves qui se déplacent avec le voyageur et s'en maintiennent à la distance d'à peu près 1.500 mètres. Dans les grands espaces sableux et rocheux de la Libye, l'air ainsi surchauffé au contact du sol donne naissance à des vents brûlants redoutés des caravanes dont ils suspendent la marche. Pour les Arabes du Nord-Africain, ces vents viennent du sud. C'est le *Simoun* ou *Sirocco*. Ce sont au contraire des vents d'est en Égypte ; ils portent ici le nom de *khamsin*, qui signifie cinquante, parce qu'ils ne soufflent guère, et par intermittence, que cinquante jours du printemps.

Pluies. — Sources. — Les pluies extrêmement rares, sauf au Sinaï, se réduisent aux brusques orages locaux d'été, qui s'abattent sur une région restreinte et sèment sur leur parcours une abondance relative. Le ruissellement des eaux sur les montagnes dénudées et les roches lisses, constitue des torrents qu'absorbent peu à peu les sables des vallées principales. C'est ici que sont creusés les puits. L'eau y apparaît d'abord à fleur de terre au début, puis le niveau baisse insensiblement ; mais les trous sont progressivement approfondis jusqu'au moment où les éboulis en imposent l'abandon. Très rares sont les puits creusés dans la roche même ; ils donnent, d'ailleurs, pour la plupart, des eaux exécrables, séléniteuses dans les calcaires et les schistes O. Beza), saumâtres dans les *grès de Nubie* (Redezieh).

Les granites, par contre, fournissent d'excellentes sources; leurs suintements entretiennent des oasis dont les arbustes verdoyants sont, avec les rares acacias résistants des vallées, la seule végétation vivace du désert. Le Sinaï a le privilège de posséder quelques filets d'eau, bordés de menthe sauvage[1] ou de palmeraies (O. Pharan), mais le plus souvent, ces sources inutilisées se transforment en marécages dont la présence est attestée par des amas touffus de tamarix qui croissent à leur emplacement.

Sources chaudes. — Les sources chaudes sont localisées en bordure de la mer Rouge, — par conséquent près des failles érythréennes, — surtout le long de la rive sinaïtique. Leur nombre est d'ailleurs très réduit. La seule qui soit sur la rive africaine surgit à 300 mètres du rivage près de l'angle N.-E. du Galala, c'est-à-dire à 29°30′ de lat. N. et se déverse en un mince filet dans la mer. Les autres sont : Hammam Mousa au nord de Tor (Sinaï), puis Hammam Faraoun, 29°10′ lat. N. (Pl. I, fig. 6) et enfin Aioun Mousa, 8 km. au sud-ouest de Suez (Pl. I, fig. 5). Les eaux de ces sources sont séléniteuses et salées. Celles de Hammam Faraoun, dont la température est 71°, contiennent 16,364 gr. de sels par litre, dont 13,530 gr. de NaCl, 2,335 gr. de SO^4Ca, et un peu de sulfate de magnésie. Les autres, moins chaudes, sont assez peu salées pour entretenir des palmeraies, à l'exception de celle du G. Galala, restée inutilisée, et autour de laquelle ne croissent que des touffes de joncs.

Aspect. — L'aspect du désert est celui des régions dont la stérilité est entretenue par une sécheresse perpétuelle. Les orages d'été n'y donnent qu'une maigre végétation, localisée encore aux seuls endroits favorisés d'eaux torrentielles. Ailleurs, le sol est nu ou recouvert par places de rares herbes desséchées, seuls vestiges accusant des pluies antérieures. Les acacias et quelques autres plantes résistent à la sécheresse ; ces arbres abondent dans les vallées privilégiées et sont la suprême ressource des troupeaux et des chameaux aux jours de disette. C'est dans ces endroits que se dispersent les bédouins, autant que possible à proximité des puits ou des réservoirs naturels appelés *galt* que leur offrent les ouadis encaissés de la montagne, dans les bas-fonds desquels les eaux accumulées peuvent se conserver plusieurs mois.

1. Quatre espèces de menthes sont signalées en Égypte : *Mentha silvestris* Boiss., *M. piperita* L., *M. sativa* L., *M. Pulegium* L.

Tribus. — Trois grandes tribus se partagent le Désert Arabique : les Mâaza, à physionomie sémitique, répartis au nord de la route de Koçéir ; les Ababdéh au sud de cette route ; au delà de la ligne Assouan-Bérénice apparaissent les Bicharins. Ces deux dernières tribus ont des affinités éthiopiennes flagrantes ; les Ababdeh parlent un arabe mélangé de quelques termes bicharins ; les Bicharins ont une langue spéciale, éthiopienne, appelée *bedja* ou *bedjaoui* ; la contrée qu'habitent ces deux tribus porte le nom d'Edbaye. Le Sinaï est, lui, un peu plus riche ; il possède une dizaine de tribus réparties dans les hautes vallées herbeuses ou les palmeraies.

Toponymie. — Les noms géographiques sont arabes ou *Bedja*. Beaucoup d'entre eux n'ont aucune signification précise, les autres expriment une qualité, une forme, ou un caractère, à moins que ce soient, le plus souvent, des termes botaniques. Tous les termes sont d'ailleurs d'une application possible ; il en est même qui fixent des souvenirs : passage de tribus, querelles, etc. Voici quelques exemples :

Qualificatifs :	*Ahmar,*	rouge ;	fem. :	*hamra*
	Abiad,	blanc ;	»	*Beida*
	Azrakh,	bleu ;	»	*Zerkha*
	Taouil,	long	*Derr,*	rond
	Laoui,	méandreux	*Krém,*	touffu
Topographie :	*Rod,*	large vallée	*Agrad, Kob,*	cascade
	Châeb,	cascade	*Djurf,*	escarpement
	Nagb, aroud,	col	*Urf,*	crête (pl. âaraf)
	Nasb, nazla,	pic	*Kholal,*	pointe
	Salâa,	chauve, lisse	*Moudergeg,*	contrefort
	Ouadâ, atmour,	plaine	*Kouli, edoua,*	colline
	Donger,	plaine	*Sidd,*	chute en cataracte
	Ghoubba,	anse	*Khochaba,*	caverneux
Roches :	*Garaïch,*	granite	*Baram,*	Talc
	Souan,	silex	*Barour,*	calcite
	Lassaf,	mica	*Djelouf,*	grès
	Laghama, roukham,	calcaire	*Maroua,*	quartz

Plantes :	*Toundeb*,	*Capparis sodata* R. Br.	Capparidée
	Lassaf,	— *spinosa* Lin.	—
	Gourdi,	*Ochradenus baccatus* Del.	Résédacée
	Merghad,	*Erodium laciniatum* Wild.	Géraniacée
	Tarfa,	*Tamarix* sp.	Tamariscée
	Hâd,	*Fagonia arabia* Lin.	Zygophyllacée
	Higilig,	*Balanites ægyptiaca* Del.	Simarubacée
	Yessar, *Bâne*,	*Moringa arabica* Pers.	Moringacée
	Natasch [1],	*Crotalaria ægyptiaca* Benth.	Papilionacée
	Salam,	*Acacia Ehrenbergiana* Hay.	Mimosacée
	Seyal,	» *seyal* Del.	—
	Samra,	» *spirocarpa* Hochst.	—
	Chieh,	*Artemisia judaica* Lin.	Composée
	Ghalga,	*Dæmia tomentosa* Lin.	Asclépiadée
	Kharit,	*Salsola fœtida* Del.	Salsolacée
	Hammata,	*Ficus pseudosycomorus* Lin.	Urticacée
	Nakhal,	*Phœnix dactylifera* Lin.	Palmée
	Chouch,	*Panicum turgidum* Forsk.	Graminée
	Halfa,	*Eragrostis cynosuroides* R. et S.	—
	—	*Imperata cylindrica* P. B.	—
		etc. etc.	

Animaux :	*Ghazal*,	Gazelle	*Ghourab*,	Corbeau
	Hagal,	Perdrix	*Gamal*,	Chameau, etc.

Ajouter à cette liste les noms propres comme Mohammed, d'autres déterminant un profil, comme *serg* : selle, *nahad* (plur. *nehoud*) : sein (dôme), etc.

Les noms, suivant leur genre, sont généralement précédés de *Abou*, ou *Oum*, père, mère, qui prennent le sens déterminatif ou démonstratif; exemple : Gebel *Abou-Halfa* : qui contient de l'alfa ; *Abou-Doukhan* : qui ressemble à la fumée; *Oum-Manaha* : où l'on a pleuré un homme vénéré. On dit aussi *Abou-Hamra* : celui qui est rouge en associant un adjectif masculin à un autre féminin.

Histoire. — L'histoire de ce désert est intimement liée à celle de l'Égypte, car dès la plus haute antiquité il a fourni aux Égyptiens une partie de leur or, ainsi que la plupart des pierres ornementales utilisées dans leur statuaire ou leur architecture. Les expéditions commerciales en ont fait un trait d'union

1. Ou *Lavandula coronipifolia* Poir.

entre l'Égypte et les pays de l'encens : Ethiopie, Arabie Heureuse, etc. Enfin, les guerres contre les bédouins furent une autre cause de sa fréquentation.

Dès les premières dynasties, des carrières sont ouvertes dans le Ouadi Hammamat [1] entre Kénéh et Koçéir, tandis que sont exploitées les mines du Sinaï (Sérabit-el-Khadim) [2]. C'est à la XIXe Dynastie que le désert Arabique est le plus parcouru. Il est presque abandonné, par contre, avec la domination persane. Puis les Ptolémée poursuivant l'œuvre de Séti I, notamment Ptolémée II Philadelphe, ouvrent des ports dans la mer Rouge, exploitent activement les carrières et les mines, multiplient les routes y donnant accès et les jalonnent de forteresses à chaque étape. La mauvaise administration de Dioclétien l'abandonne aux Arabes ; il est ensuite, aux III-IVe siècles, le refuge des chrétiens persécutés (Galala, Sinaï, Peluse), et avec la domination des Khalifes, n'est guère plus parcouru que par les pèlerins musulmans d'Égypte ou de Barbarie dont le port d'Aïdab est devenu le point de ralliement. A ce moment sont réouvertes les mines d'émeraudes, et la possession des mines d'or nubiennes donne lieu, sous les Toulounides, à des guerres meurtrières, entre bédouins et nubiens, entreprises sous l'impulsion d'un terrible aventurier d'origine arabe.

Mohammed-Ali, après Bonaparte, tenta sans grand succès. d'éprouver la valeur des mines anciennes et de reprendre la navigation abandonnée de la mer Rouge. Mais les maigres caravanes reliant Kéneh à Koçéir, ainsi que les trois couvents de Saint-Antoine, Saint-Paul et Sainte-Catherine du Sinaï, ou lesrares mines d'or réouvertes maintenant, restent les seuls témoins d'une histoire économique et religieuse importante et des plus intéressantes à dépouiller.

1. J. Couyat et P. Montet : *Les inscriptions... du ouadi Hammamat*, Le Caire, 1912.
2. J. de Morgan : *Recherches sur les origines de l'Égypte*, 2 vol., Paris, 1896.
F. Petrie : *Researches in Sinai*, London, 1906.

CHAPITRE II

MORPHOGENÈSE DU DÉSERT ARABIQUE

§ 1. — Altération des roches. — Dénudation.

Schistes. — Les schistes étant en faible épaisseur au-dessus du granite sont généralement transformés au contact de celui-ci en une roche compacte, se désagrégeant en cailloux anguleux qui couvrent les flancs des vallées (G. Ferrani, Sinaï).

Les schistes noirs non métamorphisés, aux rares endroits où ils apparaissent, se délitent en plaquettes minces. Ils offrent par leur élasticité une certaine résistance à l'érosion. Les schistes rouges tombent en menues baguettes prismatiques (G. Roussas).

Brèches vertes. — Les bancs compacts sont très résistants et se brisent quand leur surface inférieure est mise profondément à nu par l'érosion de schistes qu'ils recouvrent. Les conglomérats qui apparaissent dans les O. Zeidoun ou Goueh se désagrègent sur place et les galets parfois volumineux qui en résultent se répartissent à la surface du sol, autour des bosses de ces roches, puis sont entraînés dans les ouadis dont ils recouvrent le fond.

Granites. — Ces roches étant de beaucoup les plus répandues et leurs massifs très étendus, montrent, suivant les régions, des modes différents d'altération.

a) *Décomposition arénacée.* — Sur les espaces étendus, aplanis par l'érosion, la surface du granite est profondément altérée en une roche sans cohésion qui s'effrite sous le choc. Cela s'observe dans le O. Belih, le O. Gattar, la plaine d'Oum Sarha, etc. Cette altération profonde gagne généralement les massifs avoisinants ; les granites rouges sont les plus sensibles aux érosions de ce genre, aussi est-il généralement difficile de recueillir des fragments de roches en bon état.

b) *Décomposition en boules.* — Très fréquente dans les plaines granitiques précédentes où les seuls accidents de terrain sont produits par la superposition de quelques-unes de ces boules volumineuses. La désagrégation de la roche s'y fait autour des diaclases, largement espacées. Le O. Belih offre de nombreux exemples de ces amas. Leur forme y est constante et représente un bloc unique surmontant une croupe allongée. L'ensemble prend l'aspect d'un sphinx grossier. Dans la région d'Assouan les boules sont réparties à la surface du sol.

c) *Exfoliation.* — Le granite très altéré est recouvert par une feuille de 2 à 4 cm. d'épaisseur se détachant sous le choc, ou tombant de son propre poids, avec le temps, suivant des surfaces considérables. On peut observer au O. Belih de ces exfoliations s'étendant sans discontinuité sur plus de 100 mètres. Un léger espace les sépare de la roche mère, aussi émettent-elles sous les pas un son caverneux. Cette exfoliation se fait suivant des surfaces planes ou arrondies, mais jamais anguleuses : l'adoucissement des contours est d'ailleurs un effet plutôt qu'une cause. Le résultat est la formation de dômes (Pl. III, fig. 1) ou d'aiguilles (Pl. VI, fig. 1) comme celles auxquelles les Arabes donnent le nom de *msalla* ou obélisque (Types : Gattar, Belih, Harba, Hamra).

d) *Décomposition caverneuse.* — (Pl. III, fig. 2). Le granite profondément altéré en profondeur se creuse de petites cavités par la chute de fragments de la roche devenue arénacée ; la cavité s'élargit jusqu'à ce qu'elle fusionne avec les voisines, puis la croûte tombe aidée par le vent ou les pluies, et l'opération continuant ronge progressivement la masse granitique. Les massifs soumis à ce mode de désagrégation ont l'aspect spongieux et sont facilement accessibles par suite de la rugosité de leur surface. Ce cas est le plus fréquent, et ses exemples abondent en tous points : G. Fatireh, G. Harba, etc.

e) *Diaclases obliques.* — Ces diaclases (Pl. III, fig. 4) peuvent être fines et très rapprochées ; d'autres (Pl. III, fig. 5) sont largement espacées et donnent au granite un aspect stratifié. On les observe surtout au Sinaï et partout où la roche décapée par les eaux est dépourvue des croûtes d'exfoliation précédemment mentionnées. Les diaclases sont naturellement dirigées vers l'intérieur et inclinées sur la direction de la vallée dont elles favorisent le creusement. Des diaclases normales aux précédentes aident la chute de blocs prismatiques qui s'accumulent ensuite dans les lits torrentiels (Type : G. Deir, Sinaï).

f) *Diaclases verticales.* — Ces diaclases aidant l'érosion suivant leurs fissures donnent, quand elles sont espacées, de puissantes aiguilles comme celle du G. Gattar (Pl. VI, fig. 5) ; en se rapprochant, elles rappellent, par leur aspect, les orgues des régions volcaniques, mais avec moins de régularité cependant (Pl. II, fig. 1). (Type : G. Katharina).

Microgranites et Rhyolites. — Ces roches s'altèrent difficilement, aussi leur dénudation n'est-elle pas due à une décomposition, mais à une fragmentation superficielle en petites baguettes prismatiques, obtenues par un enchevêtrement de diaclases produites elles-mêmes sous l'influence d'efforts dynamiques. Certains filons sont en effet comme broyés et s'effritent sous le choc.

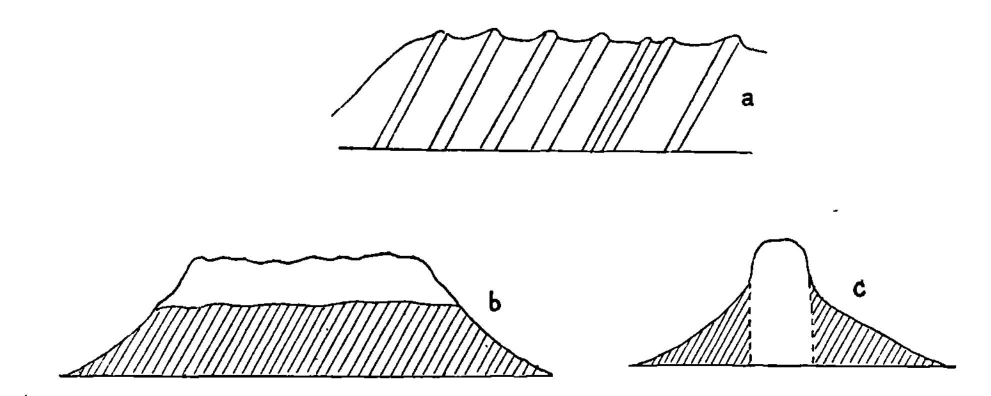


Fig. 4. — a. Profil dentelé produit par la multiplication de filons dans les granites (O. Guina Sinaï); b, c, crête produite par le déchaussement d'un filon rhyolitique (G. Doukhan).

Cette propriété est sensible dans les filons minces et par conséquent très vitreux. Les aiguilles s'accumulent à leur pied et protègent les épontes.

La résistance à l'érosion fait émerger les rhyolites du sol, partout où on en rencontre. Elles donnent des crêtes allongées (fig. 4, b, c.) interrompues seulement par les vallées torrentielles qui les découpent sur leur longueur. Quand elles traversent les vallées, ce déchaussement produit un mur, étendu comme un barrage, au pied duquel se conservent les eaux (G. Doukhan, G. Malhadge) ou contre lequel se rassemblent les blocs torrentiels. Naturellement si ces filons sont parallèles et rapprochés, la montagne prend un profil dentelé par cette succession de saillies et de gouttières (fig. 4, a) comme cela se présente fréquemment au Sinaï.

Les massifs produits par la multiplication côte-à-côte des filons rhyolitiques

présentent à leur surface des cavités atteignant 1 mètre de diamètre et leur donnant un aspect caverneux particulier. Les bédouins ont remarqué ce caractère, et le G. Abou-Khroug, notamment, leur doit son nom qui signifie *orifices*.

La résistance des microgranites à l'érosion est mise en évidence dans le O. Abou-Mâamel. Cette vallée, dans sa partie haute, est produite par la désagrégation d'un filon granitique d'une centaine de mètres. Ses salbandes passent insensiblement, en moins d'un mètre, d'un granite à un microgranite et enfin à une rhyolite, aussi se relèvent-elles sur les flancs tandis que le lit du torrent reste, en contrebas, sur la partie grenue du filon (fig. 39).

Diorite. — Ces roches résistent à l'altération superficielle, leurs massifs ou les enclaves émergeant des granites sont accompagnés de blocs anguleux aux arêtes émoussées, et recouverts d'une patine ferrugineuse ocracée. Ces boules ocracées sont caractéristiques des roches ci-dessus.

Diabases. — La décomposition en une matière arénacée verdâtre est surtout abondante au Sinaï. Dans le désert Arabique c'est la décomposition en boule bien connue qui apparaît le plus souvent montrant des sphères dont la surface s'exfolie, noyées dans un milieu arénacé verdâtre. L'altération des diabases devance parfois celle de la roche encaissante, et détermine des vallées dirigées dans le sens du filon.

Erosion fluviale. — Avant la création d'un barrage sur le Haut-Nil, la première cataracte était en réalité un rapide compliqué que franchissaient — difficilement il est vrai — les embarcations se dirigeant vers la Nubie ou inversement. La pente du Nil y était très inclinée et les eaux, en se heurtant aux nombreux récifs du fleuve, donnaient d'innombrables remous dont le résultat fut le creusement de *marmites*. Les plus anciennes situées dans le plateau d'Éléphantine sont élevées de 7 mètres au-dessus des hautes eaux actuelles. Des fouilles récentes les ont mises à jour (1908-1909) ; elles se montraient toutes ensablées, et contenaient encore les galets de quartz et de cornaline dont la rotation, sous l'impulsion des remous, avait creusé la roche. Ces cornalines ont dû être abondantes autrefois, car elles étaient réputées dans l'antiquité arabe, et pendant l'expédition d'Orient les Nubiens les recherchaient encore dans l'île.

Causes d'altération des granites. — L'observation montre que la désagrégation des granites est plus intense dans les plaines et dans les parties basses que dans les montagnes; dans les parties hautes du Sinaï la dénudation s'opère par des moyens mécaniques comme la chute des blocs que les diaclases ont séparés. Les pluies sont plus fréquentes ici qu'ailleurs; elles décapent les roches avant que leur altération en ait modifié la cohésion et il n'est pas rare d'observer des gouttières ou rigoles creusées à la surface du granite par le ruissellement de l'eau (Pl. III, fig. 2).

Les éboulis sont donc abondants dans les hautes vallées tandis que les blocs erratiques des régions basses sont surtout dus aux transports torrentiels.

Dans les régions basses dominent les types d'altération a. b. c. d. précédents. Les roches y sont rarement à l'état frais si ce n'est dans les éboulis provenant des sommets et que leur chute a brisés.

L'altération surtout intense par l'exposition des roches au soleil est cependant nulle dans la vallée du Nil. C'est le seul endroit du désert Arabique où les roches soient superficiellement inaltérées. Il semblerait que l'humidité les conserve, mais j'attribue cette résistance à une régularité de température maintenue par le fleuve au voisinage de son lit, tandis qu'en dehors les variations sont si brusques qu'elles causent des éclatements. C'est par eux qu'ont été expliquées les vibrations des colosses de Memnon qui « *saluaient* » *parfois* de leur « plainte » l'apparition de l'aurore. Les membres de l'expédition d'Orient ont entendu ces craquements dans les carrières d'Assouan, au moment où le soleil y pénétrait. Enfin, comme autre preuve, on observe très fréquemment, dans le désert, des éclatements de silex, car les roches siliceuses sont les plus sensibles aux effets de la chaleur. Il n'est pas rare de voir des galets de cette roche, brisés par des crevasses parallèles, tomber en menus éclats quand on tente de les dégager des alluvions qui les maintiennent et desquelles ils émergent. Ces éclatements sont généralement normaux à l'allongement du caillou, et les fragments sont si réguliers qu'ils paraissent être des silex préhistoriques ou au moins des débris provenant d'ateliers de taille.

L'état des inscriptions de la vallée du Nil, près d'Assouan, illustre d'une manière éclatante l'effet de la chaleur. Le long du fleuve, ces inscriptions sont intactes et en dehors du lit elles sont souvent devenues illisibles par l'altération des roches à la surface desquelles elles ont été gravées.

M. Sayce, pendant un de mes séjours à Éléphantine (1907), dégagea de détritus anciens une surface granitique avec une inscription très nette datant des premières dynasties (Khoufou-Ankh). Deux ans après, ce granite était désagrégé au point de rendre l'inscription illisible. La rapidité de l'altération était accélérée, dans ce cas, par les sels imprégnant la roche, mais leur action était purement mécanique, car dans les régions désertiques où le résultat est semblable, on ne peut soupçonner aucune action chimique dans une atmosphère aussi pure. Si l'on compare la profondeur des inscriptions altérées et la date d'un grand nombre d'entre elles relatant des expéditions attribuées aux premières dynasties, l'on se rend compte du temps que demande la désagrégation des granites quand cinq mille ans n'ont pas réussi à leur enlever l'épaisseur d'un centimètre.

Les observations précédentes peuvent se résumer ainsi :

1° L'altération des granites est intense dans les régions basses ;

2° Elle a son origine dans les variations brusques de température qui se font sentir à l'aurore ;

3° Elle diminue avec le grain de la roche pour devenir sensiblement nulle dans les rhyolites ;

4° La dénudation des parties hautes a des causes essentiellement mécaniques : diaclases et éboulements, puis ruissellement torrentiel.

§ 2. — Profils.

Les causes de dénudation : altération, désagrégation, usure ou fragmentation, ont comme résultat de donner, suivant les roches et la région, une physionomie particulière aux montagnes ou aux vallées.

Montagnes. — Dans les régions calcaires, les profils varient avec la dureté, la succession des roches, les inclinaisons des strates et les fractures du sol. Il y a en réalité autant de profils que de combinaisons entre ces différents caractères ou accidents. Les profils tabulaires par exemple que l'on observe dans l'Isthme de Suez (Challouf), proviennent de la superposition des bancs calcaires aux marnes bleues miocènes.

Les ressauts en *vagues* ou crêtes parallèles apparaissant au voisinage des Grands Lacs Amers, sont dus à un relèvement du burdigalien dont les

couches les plus dures émergent en arêtes allongées. Ce même profil en dent de scie, mais irrégulier, apparaît, dans la section du G. Moghara, constitué par des superpositions de marnes et de calcaires compacts (fig. 15, 1).

Les grès donnent toujours des plateaux tabulaires (Pl. VII, fig. 1), les granites, un profil plus ou moins profondément dentelé (G. Gattar Pl. VI, 7), les schistes, des mamelonnements très adoucis (Pl. VI, 5, 6).

Vallées. — Toutes les hautes vallées sont torrentielles, par suite du régime irrégulier des pluies. Celles-ci donnent, brusquement, un volume d'eau considérable, le ruissellement étant facilité, dans tous le désert, par la nudité des roches. Les parties basses des vallées principales tendent vers un *profil d'équilibre*, dû plutôt à la faible inclinaison des plateaux qu'elles draînent qu'au régime de leurs eaux. C'est la région morte du cours d'eau.

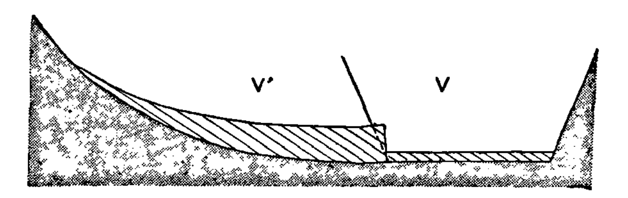


Fig. 5. — Vallée suspendue : V, section en-travers d'une vallée principale ; V, profil en long de la vallée secondaire.

L'irrégularité des torrents a souvent la conséquence inattendue d'élargir la partie haute des vallées. C'est ainsi qu'au Sinaï, les Ouadis Kyd et Pharan, spacieux en amont, se rétrécissent insensiblement, et que des gorges profondes apparaissent en aval.

Vallées suspendues. — On observe fréquemment un affouillement, par les vallées principales, des cônes de déblais qu'y déversent leurs tributaires.

L'estuaire de celles-ci est couvert de cailloutis épais, interceptés brusquement à leur embouchure, de sorte que leur lit reste suspendu en s'achevant par un abrupt (Pl. IV, 4, 5 et fig. 5.). Ce fait s'observe surtout au Sinaï et les dénivellations obtenues atteignent facilement six à huit mètres, mais se maintiennent le plus souvent entre deux et trois mètres.

La cause de cette anomalie est due encore à la localisation des pluies : lorsqu'elles se répandent sur le parcours d'une vallée un peu longue, le torrent

qui surgit affouille, sape en aval les cônes déjà formés, aussi n'observe-t-on ces vallées suspendues que dans la dernière partie des ouadis importants.

Cluses, combes, vallées étagées. — Les couches inégalement dures du O. Moghara livrent passage à quelques vallées creusées le long des argiles ou des marnes. Leurs lits débouchent par deux cluses dans la vallée principale en se faisant jour à travers les calcaires compacts du bajocien. Les cluses sont d'ailleurs fréquentes dans toute la région.

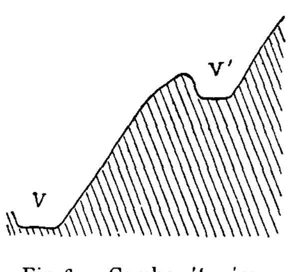


Fig. 6. — Combes étagées.

Les micaschistes tourmentés de Sekket donnent des vallées voisines les unes des autres, allongées en combes parallèles et disposées à des niveaux différents, séparées seulement par une petite crête (fig. 6). La même disposition existe au Sinaï entre le O. Baba et le O. Oum-Bogma ; mais ici, la différence de niveaux est d'environ 150 mètres, alors que précédemment elle ne donnait que 45 mètres.

Captation. — Je n'ai observé qu'un seul cas de captation dans le Ouadi Schellal, encore est-il le résultat d'une faille. Néanmoins, parmi les vallées enchevêtrées du Sinaï, ce phénomène doit être assez fréquent; il expliquerait notamment la présence, dans la partie haute du O. Baba, de roches détritiques dont les gisements sont en aval, notamment celle de cailloux manganésifères.

La disposition ancienne de la région du O. Schellal est représentée en A (fig. 7) : le O. Saou déverse ses eaux dans le O. Guina comme en font foi les blocs provenant de sa vallée, répandus actuellement dans celle-ci. Or une faille de faible amplitude (40-50 m.), abaisse le niveau du col d'où descend le O. Schellal ; elle est d'autant plus visible que deux repères apparaissent : d'une part le contact du granite et des grès, d'autre part la couche de calcaire rose moscovien ; la conséquence de cet accident est la fusion du O. Saou et du O. Schellal (fig. 7, B).

Versants. — Leur profil varie, comme je l'ai indiqué, dans les pages précédentes consacrées à l'altération des roches, avec la nature des terrains et l'endroit de la vallée où on l'observe. Dans les parties hautes, par exemple, il

a généralement la forme d'un V, et dans les parties basses, celle d'un U. Ce n'est d'ailleurs pas une règle absolue.

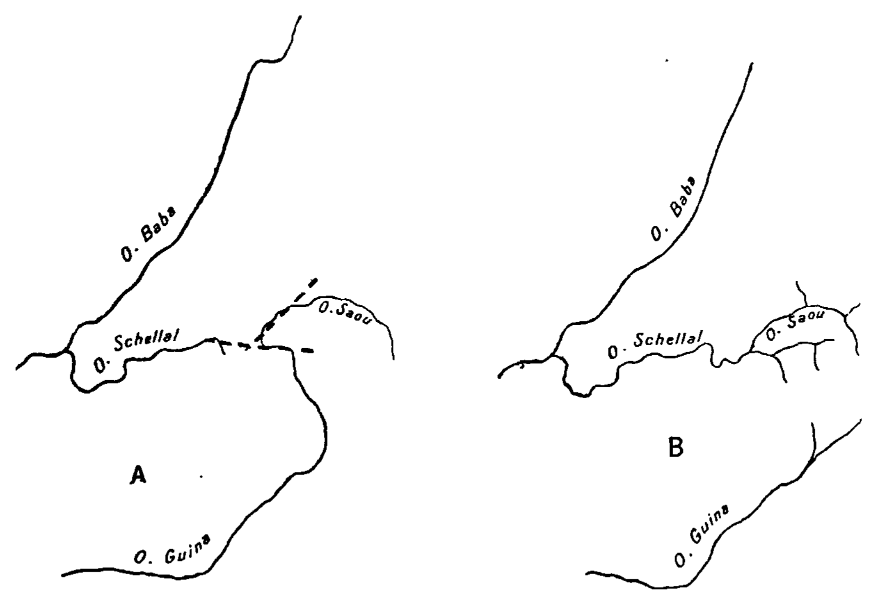


Fig. 7. — Captation du Ouadi Saou (Sinaï Occidental).

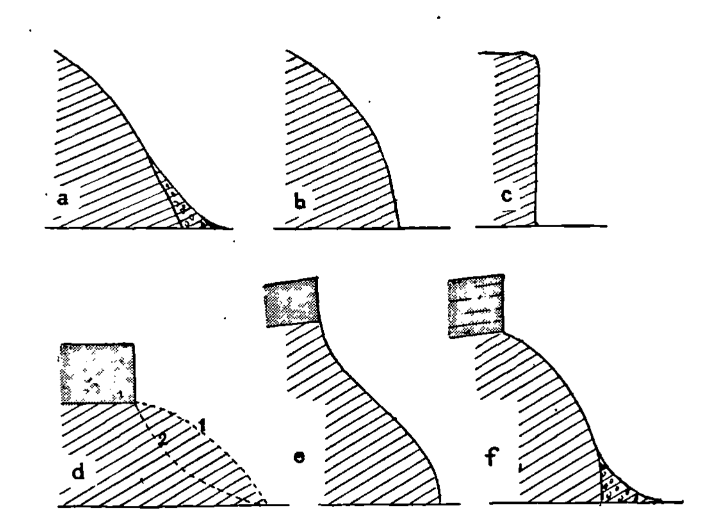


Fig. 8. — Versants : a, debout ; b, couché ; c, vertical ; d, e, f, combinaisons des trois versants, de la base à la crête du versant (G. Galala, G. Ataka .

Les schistes recouverts d'éboulis offrent un versant *debout* (fig. 8, a qui se transforme en versant *couché* (b) dès que les eaux torrentielles les affouillent. Les granites donnent le plus souvent un versant couché (c

dû à ce que les sables qui s'accumulent au pied des montagnes sont facilement déblayés par l'action combinée du vent et des eaux.

Les calcaires donnent les mêmes lignes que les schistes, mais les vallées balayées par les torrents ont généralement des flancs verticaux (Pl. I, fig. 1). Il en est de même du grès. Le profil des parties mortes, étalées dans les plaines gréseuses ou calcaires, est modifié par l'apport des alluvions s'étendant régulièrement sur le fond : la partie concave, résultat d'une désagrégation plus violente, est alors enterrée et il ne reste plus que des parois verticales.

Crêtes. — Toutes les crêtes granitiques, dioritiques, schisteuses, sont adoucies par l'érosion, tandis que les éboulements des calcaires et des grès maintiennent des profils *debout* ou des sommets couronnés de couches tabulaires aux arêtes vives.

Naturellement, les combinaisons des profils de base et de crêtes sont possibles, ainsi les grès surmontant les granites peuvent donner toutes les variations intermédiaires entre les courbes 1 et 2 (fig. 8, d) ; les plateaux de l'Ataka montrent les associations de courbes **f**, avec des adoucissements locaux à leur sommet ; le Galala, formé d'une partie de calcaire et de grès baignés par la mer, donne la forme (**e**).

DEUXIÈME PARTIE

ESQUISSE GÉOLOGIQUE

SITUATION DES ROCHES ÉRUPTIVES DANS LA SÉRIE GÉOLOGIQUE

La constitution géologique de l'Égypte est des plus simples et s'explique par une oscillation du sol au cours de laquelle s'est déposée, du nord au sud, et en transgression sur le grès de Nubie, une série régulière s'étendant du bajocien au danien, puis, en régression, et du sud au nord, l'éocène et le miocène inférieur. Enfin, dans la région méditerranéenne, et suivant le golfe actuel de Suez, une autre oscillation, mais de moindre amplitude, a déposé le vindobonien. Les formations marines sont donc théoriquement disposées suivant un biseau dont le développement complet apparaîtra au nord; étant régulièrement constituées, sans interruption dans leur dépôt, elles devraient donner la série régulière des étages compris entre le bajocien et le vindobonien, mais en réalité, quelques-uns de ceux-ci ne peuvent être caractérisés. Voici la succession que permettent d'établir les faunes et les mouvements du sol :

Plio-pléistocène.		
Miocène.	Vindobonien.	
	Schlier.	
	Burdigalien.	
Nummulitique.	Oligocène	Moquattam sup.
	Bartonien.	
	Lut. sup. et Auversien	: Moquattam inf.
	Lutécien inf.	Libyen.
	Eocène inf.	

Crétacé.	Danien. Sénonien. Turonien. Cénomanien. Vraconnien. Albien. Aptien. Barrémien.
Jurassique.	Oxfordien. Callovien. Bathonien. Bajocien.
Grès de Nubie.	

Cet ensemble repose sur la chaîne schisto-cristalline profondément arasée, dont le résidu schisteux représente, par conséquent, les plus anciens sédiments, et les porphyrites (dacitoïdes), les plus anciennes roches volcaniques du désert Arabique.

CHAPITRE I

SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE

Les sédiments les plus anciens sont les schistes surmontant le granite. Dans leur ensemble, ils sont de couleur noire, mais à différents niveaux apparaissent les formations suivantes, extrêmement importantes, bien que moins étendues :

Schiste vert.
Schiste rouge avec intercalation d'arkoses et poudingues rouges.
Poudingues verts (*Brèche verte universelle*) et conglomérats.
Marbre en gisements de faible étendue.

Cette série sédimentaire varie d'épaisseur suivant la latitude. Au nord, l'érosion l'atteint si profondément qu'il n'en reste plus que de rares lambeaux surnageant le granite : O. Kyd et O. Barq (Sinaï), G. Doukhan, G. Oum-Disi, G. Aesch (désert Arabique). Dès 26° 37' de lat. N. elle s'élargit vite et constitue presque entièrement le reste de la chaîne. Son épaisseur s'est accrue; l'érosion ne parvient qu'aux pointements granitiques les plus saillants, aussi les massifs de cette roche-ci sont-ils nombreux mais de faible étendue. Leur situation et leur description sont données par les travaux de Barron et Hume [97, 103], Barron [113], Hume [111, 115], Ball [112, 126].

§ 1. — **Schiste vert.**

La présence de schiste vert à la base des formations anciennes est attestée par les *brèches universelles*, dont l'étude suit, et qui est presque entièrement formée par place de fragment de cette roche (V. sa description § 3). Le seul gisement important que j'aie vu s'étend au voisinage de O. Schaït où il forme une bande dirigée N.-S., coincée entre les granites ou les diorites, et les gneiss sur lesquels elle repose.

Je n'ai pu observer sa limite septentrionale, mais dans le O. Schaït

son facies était uniforme : la roche était vert-pomme, compacte, très siliceuse, vibrant sous le choc, et se brisant avec la facilité des rhyolites.

Un autre gisement existe entre le O. Mouelih et le O. Antar, sous forme de petits pointements émergeant des conglomérats granitiques.

§ 2. — Schistes & Grès noirs.

Faciès. — Ces schistes changent d'aspect aux divers endroits où ils affleurent. Généralement, ils sont feuilletés, compacts, se délitent ou se fragmentent en prismes ou en aiguilles de faible dimension, dont l'accumulation masque en partie la roche. Dans le Ouadi Beli, apparaissent quelques collines de schistes ardoisiers, stratifiés horizontalement. Ils sont le plus souvent grisâtres, mais trop divisés pour pouvoir donner des plaques utilisables.

La quantité de silice que contient ces roches est variable, aussi passent-elles d'un schiste à un grès noir argileux (phtanite) et même à un grès fin dont la partie argileuse n'est visible qu'au microscope. Naturellement, leur fissilité disparaît avec l'augmentation de silice. Au nord du G. Doukhan, elles sont presque entièrement siliceuses, grisâtres ou verdâtres, zonées par des lits minces et blancs de grès purs. Le grain est parfois si fin, qu'examinée au microscope, une préparation de ces roches, pour quiconque ne serait prévenu par la nature de leur gisement, pourrait être confondue avec une rhyolite, zonée, à pâte très fine, comme il en existe tant dans la même région.

Composition. — A l'examen microscopique, comme à l'œil nu, la différence entre ces roches s'affirme également. Le *schiste ardoisier*, que l'on peut prendre comme type, est une roche siliceuse à grain fin, uniformément régulier, formée d'éclats de quartz compressés et par conséquent intimement unis, mais si menus que le centre seul est apparent, et que les bords ne polarisent plus. Ils sont cimentés par une substance argileuse amorphe, mélangée d'une quantité variable de séricite et de biotite en fines lamelles, que leur biréfrigence met en évidence. La coloration de la biotite disparaît par altération, comme le montrent les plages les plus étendues dont le centre est resté intact. C'est une variété brun verdâtre et jaunâtre ou presque incolore dans la direction n_p.

La composition ci-dessus est celle des schistes les plus répandus ; dans

certaines variétés de cette roche, nous retrouvons toujours les mêmes éléments en proportion oscillant entre les deux types extrêmes représentés par le schiste et le grès fin et se présentant ainsi : les paillettes de biotite peuvent être disposées dans les plans de schistosité ou être réparties irrégulièrement dans la roche ; le quartz devient en certains cas grossier, et à la roche précédente se superposent des grains de ce minéral à contours irréguliers, mélangés à des éclats anguleux du même minéral, d'une taille notable, et qui, en se pressant, disloquent les clivages des micas voisins. Le feldspath, qui peut exister dans les plus fines de ces roches, n'est pas visible, mais apparaît nettement dans les plus grossières d'entre elles, sous la forme de gros éclats d'oligoclase, et d'oligoclase-andésine.

Je dois noter que les feldspaths, à l'exception des plus grandes plages, sont pour la plupart indéterminables, par suite d'une damouritisation intense.

Le zircon et l'apatite s'y montrent en faible quantité, et en petits cristaux à contours arrondis comme le sont les grains de sables roulés. La pyrite, l'hématite y sont constamment accompagnées de lamelles de limonite. Dans le massif du O. Oum-Sidri, ce minéral provient visiblement de la décomposition de cristaux d'amphibole, car il a en beaucoup de cas conservé la forme du minéral originel, telle que nous la retrouverons dans les andésites (dacitoïdes) voisines, par exemple.

La calcite est très rare dans ces roches, le minéral secondaire le plus fréquent est l'épidote qui s'y trouve parfois au point de se substituer entièrement à la roche et donne, par cette imprégnation intense, de véritables épidotites, si compactes, que les minéraux isolés, à forme cristalline, y sont introuvables. Ce minéral provient de l'altération des diorites sur lesquelles reposent les schistes.

Les schistes noirs et ardoisés occupent à eux seuls, presque intégralement, la surface recouverte par les formations anciennes. Ils sont surtout développés à l'ouest, où leur épaisseur maximum atteint environ mille mètres dans le sens vertical. Il est impossible d'évaluer autrement leur importance, car les plans de stratification, sous l'influence du métamorphisme, sont rendus si compacts qu'on ne peut le plus souvent apprécier leur inclinaison. Les seuls repères visibles sont les bancs de brèches vertes apparaissant à l'est, et, à l'ouest, les schistes rouges intercalés au milieu de

ces schistes noirs, et accusant un pendage de 18° vers l'ouest ; mais cette inclinaison n'apparaît seulement qu'aux endroits où la formation est le moins bouleversée et le plus étendue.

§ 3. — Conglomérats & poudingues dits « brèches vertes ».

Cette « brèche » est l'une des roches les plus curieuses qu'ait employées la statuaire antique, aussi est-elle connue de longue date par les ouvrages ornementaux des musées. Visconti, le premier qui l'ait écrite sur des pièces provenant de la villa Albani, lui a donné le nom de *Breccia verde d'Egitto.* On lui a appliqué depuis ceux de *Brèche verte*, *brèche universelle*, *brèche polygénique*, *brèche verte antique*, et ces dénominations sont si couramment usitées et admises, que je crois indispensable de maintenir celle de *brèche*, alors que la roche est en réalité un poudingue passant à un conglomérat formé d'éléments variés et d'origines différentes.

Une roche de même aspect se rencontre à Ripal en Norvège.

Gisements. — Les anciens ont retiré cette roche du Ouadi Hammamat, entre Kéneh et Coçéir. A cet endroit, elle se présente en bancs d'environ 3 mètres d'épaisseur, se succédant au nombre de trois. Il n'y a pas à proprement parler de carrières : l'on n'a eu qu'à dégrossir les blocs éboulés dans la vallée, pour en retirer des pierres de dimensions suffisantes. Les collines schisteuses sont élevées ici d'une cinquantaine de mètres au-dessus du thalweg, et les couches, dont l'inclinaison est indiquée par les bancs en saillie des « brèches », plongent vers l'ouest de 10° en moyenne. Ailleurs, du O. Gattar au G. Scheikh, la brèche n'apparaît qu'en une roche compacte se développant sur un front minimum de cent mètres, et passant sous les sables de la vallée. Les monticules de la région environnant le O. Scheikh sont entièrement constitués par cette roche, sans qu'il se présente de solution de continuité de la base au sommet.

Les « brèches vertes » ou les conglomérats s'étendent uniformément suivant la bordure occidentale de la chaîne Arabique. Elles sont faciles à observer dans les localités que je viens de citer, c'est-à-dire le long du O. Zeidoun, puis dans le O. Hammamat, au G. Doukhan, et au voisinage de la mer Rouge, du G. Roussas au G. Aesch. Enfin, on en retrouve

au milieu des lambeaux schisteux du Sinaï, notamment au G. Ferrani, et le long du Golfe d'Akaba (fig. 9).

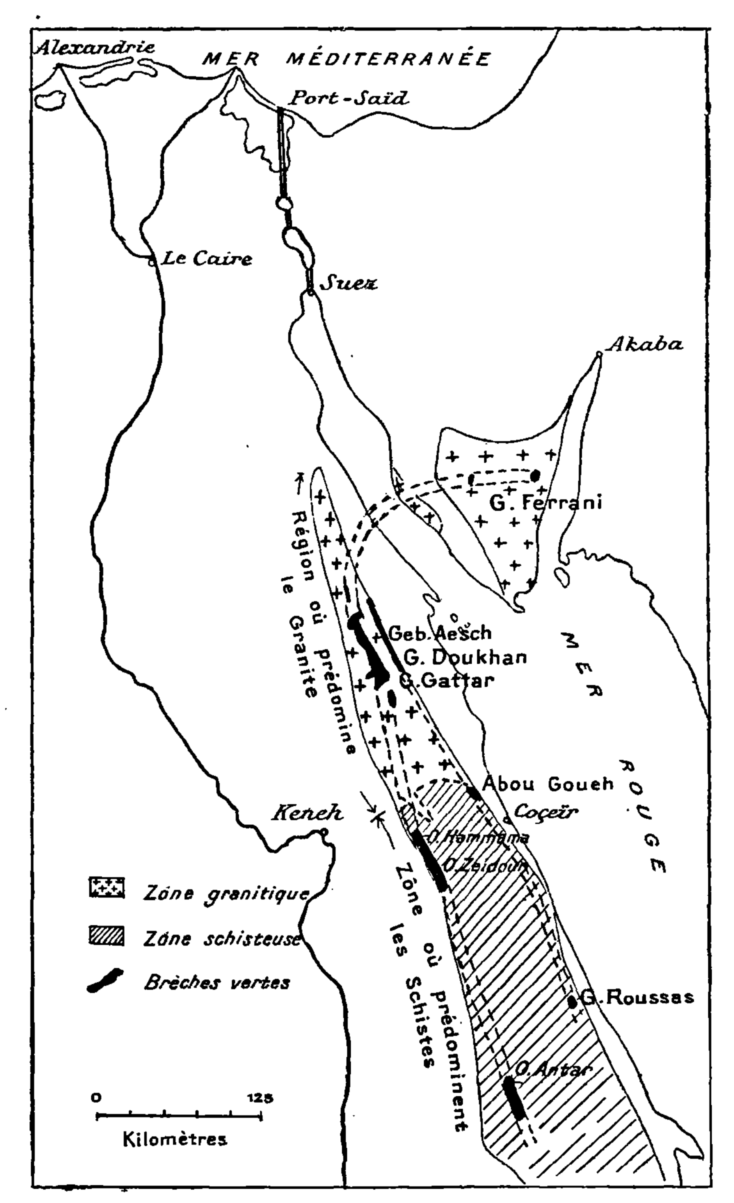


Fig. 9. — Répartition des zones granitiques ou schisteuses de la Chaîne Arabique, et répartition des *Brèches vertes*.

Description. — Leur aspect est décrit en détail par Ferber [1], Visconti,

1. Pour l'histoire de cette pierre, voir Letronne, *Recueil des inscriptions grecques et latines d'Égypte*, 2 v., Paris, 1842-48.

Wilkinson, et surtout par de Rozières [1] qui en figure une image coloriée dans l'Atlas accompagnant la *Description de l'Égypte*. Leur composition est également très intéressante. Je rappelle, pour l'intelligence de ce qui va suivre, qu'elles sont verdâtres ou noirâtres d'aspect, et constituées d'éléments arrondis ou ovales, rarement anguleux, verdâtres, noirs, violacés, répondant à des roches ou à des minéraux dont la taille varie de quelques millimètres à 40 centimètres de diamètre, mais se maintient le plus fréquemment entre 3-4 centimètres de dimension. Ces fragments de roches sont cimentés par une pâte fine, colorée diversement, et qui a la composition d'un schiste ou d'un tuf éruptif.

L'examen microscopique des « brèches » montre que leurs éléments constitutifs sont : des schistes verts ou noirs, des quartzites, des granites, des microgranites, des rhyolites, des aplites ou des granulites, et enfin des andésites ou des dacites ; celles-ci se présentent en cailloux roulés ou en projections volcaniques. La proportion et la taille de ces divers fragments de roches varient selon les gisements. Les plus gros éléments sont les granites, ceux-ci, par place, constituent presque intégralement la roche (Goueh, O. Zeidoun). Nous verrons d'ailleurs par la suite les variations que présentent les principaux gisements. Voici la composition des différents éléments des « brèches ».

Schistes. — Les schistes appartiennent aux types étudiés dans le paragraphe précédent, tantôt les verts prédominent, tantôt ce sont les noirs, avec toutes les variations de grains et de composition mentionnées. C'est au milieu d'eux que j'ai remarqué des débris organiques. A noter qu'on trouve aussi des schistes rouges dans les poudingues du O. Zeidoun, ce qui prouve leur antériorité à la formation de ces derniers.

Quartzites. — Les quartzites sont blancs ou grisâtres, très compacts et proviennent de gisements inconnus. Ils sont formés de quartz à bords corrodés, intimement unis, ou aggloméré par un ciment quartzeux, plus fin, dans lequel s'interposent de rares paillettes de muscovite et des éclats d'andésine et d'oligoclase.

Quartz. — Ce minéral, très rare, apparaît en galets arrondis de quartz hyalin ou laiteux, de quartz hématoïde ou de quartz verdâtre jaspoïde.

Granites, microgranites (V. p. 125 et suiv.). — Les granites des conglomérats se présentent en galets réguliers, patinés en noirs. Leur cassure est grise ou violacée. Ils sont généralement très altérés et fortement imprégnés d'épidote. Leur ciment est très dur, au point qu'il est difficile de les isoler de la roche ; par contre, ce ciment s'altère à la longue, mettant ces cailloux en liberté, comme en témoignent les vallées voisines dont le lit est entièrement recouvert de galets granitiques, provenant de cette désagrégation.

L'examen microscopique montre ces granites formés de titano-magnétite de sphène, de biotite altérée en pennine, d'orthose et d'oligoclase damouritisés et le plus souvent criblés de fines particules ferrugineuses. Leur centre est grossièrement fendillé et rempli de filonets de pennine disposés en un réseau serré. Le quartz se présente en larges plages irrégulières ou en grains arrondis. Les roches les moins altérées contiennent de l'orthose et de l'albite et montrent des grains de quartz orientés comme le sont ceux des micropegmatites. Enfin d'autres contiennent du microcline et des cristaux allongés d'andésine. Les types les plus fréquents de ces granites rappellent ceux dont je décris ultérieurement les gisements (IIe partie, ch. I).

Aplites. — Dans certains éléments de ces conglomérats les minéraux ferromagnésiens disparaissent, à l'exception de très rares paillettes de pennine. Ce sont des aplites. On en distingue deux types différents dont nous retrouverons l'un avec les granites de la première série. Celui-ci tend vers une micropegmatite. Les quartz déchiquetés s'interpénètrent en petites plages s'éteignant avec le cristal auquel il se rattache. La magnétite titanifère y est généralement abondante et partiellement décomposée en agrégats de sphène incolore. Les feldspaths sont comme précédemment de l'orthose, du microcline, de l'oligoclase isolé ou disposé en association perthitiques avec l'orthose et le microcline. L'extinction des quartz y est généralement ondulée, montrant que la roche a subi l'influence d'actions dynamiques.

L'autre type est constitué par une mosaïque d'orthose d'oligoclase-andésine et de quartz ; l'oligoclase s'y présente en grands cristaux partiellement albitisés englobant pœcilitiquement des grains de quartz.

Les granulites ne diffèrent des roches précédentes que par l'abondance de muscovite, mais ce minéral, disposé en petites plages, est très altéré.

Éléments d'origine volcanique. — Les « brèches vertes » du G. Doukhan, du O. Hammamat, du O. Scheikh, contiennent des fragments roulés d'andésite et d'autres, verdâtres, que l'examen microscopique montre constitués de menus éléments d'origine volcanique. On y distingue des fragments d'andésite à pâte grenue ou microlitique, des cristaux enchevêtrés de quartz d'origine rhyolitique, des fragments isolés de quartz, d'oligoclase ou d'andésine, des verres décomposés recouverts d'un pigment d'hématite et de limonite, d'autres imprégnés de muscovite (damourite). On observe souvent du mica noir recristallisé, peu ferrifère représentant la variété verte de biotite presque incolore en travers. Ce minéral apparaît aussi dans les verres altérés, ou bien en filonets au milieu de l'andésite. Un certain nombre d'éléments verdâtres constituant les « brèches » sont d'un grain si fin, qu'il devient difficile de savoir à première vue si l'on est en présence d'un schiste ou d'une rhyolite, l'analyse microscopique même permet difficilement de lever le doute, et de les attribuer à l'une ou l'autre de ces roches.

Tufs. — Les tufs sont très abondants, verdâtres, parsemés de taches claires irrégulières représentant des projections rhyolitiques et andésitiques et de taches arrondies de quartz, d'andésine et de verre. La pâte est très fine, elle contient les mêmes éléments noyés dans une substance noirâtre qui est un agrégat pulvérulent de cendres d'autant plus difficilement résoluble au microscope qu'il est intimement imprégné de matières ferrugineuses. La plupart des fragments d'andésite contenus dans ces tufs sont en grande partie vitrifiés.

Le ciment de ces fragments ovoïdes d'andésite et de tufs est constitué comme ceux-ci de produits de projection remaniés pour remplir les interstices du poudingue. On y distingue des lapilli feldspathiques ou vitreux damouritisés, des microlites d'andésine auxquels adhère encore une partie vitreuse imprégnée de magnétite, des plages arrondies de rhyolites dont le quartz déchiqueté est noyé dans une pâte feldspathique d'orthose et d'oligoclase extrêmement fine, enfin des fragments d'andésite plus ou moins vitreux, d'andésite à tendance microgrenue montrant des feldspaths d'aspect spongieux, d'andésite micacée, de verre andésitique avec biotite, muscovite, hématite ou limonite, d'autres très ferrugineux et opaques, enfin des minéraux divers isolés : biotite, muscovite, pennine, titanomagnétite, sphène, magné-

tite, limonite épidote et calcite, des fragments de quartz, de feldspaths andésine et oligoclase.

Variation d'aspect et de composition des « brèches ». — Quelques variations dans la composition des « brèches » viennent d'être signalées précédemment. Sur le flanc sud du G. Doukhan, les différents éléments constituant ces roches, au lieu d'être assemblés, sont répartis dans les schistes et les grès noirs. Ils semblent provenir de la désagrégation d'un poudingue antérieur, au cours de la formation des schistes. Les cailloux des brèches se retrouvent en quantité variable sur toute la hauteur de la montagne. Par endroits ils sont réunis sur de petites étendues lenticulaires ; ailleurs, ils sont dispersés, et isolés par de larges espaces schisteux ou gréseux. Ici, les fragments volcaniques andésitiques sont très abondants.

Le G. Hammamat fournit le type des « brèches » ayant donné lieu aux descriptions connues de cette roche. Le schiste vert, les rhyolites, l'andésite et les tufs dominent. Le granite y est rare. Celui-ci est de plus en plus abondant vers le sud, et, dans le O. Zeidoun, la roche devient un conglomérat constitué par des galets de granite ayant 6 à 10 centimètres de dimension et assez régulièrement arrondis.

Une même roche que celle du O. Hammamat apparaît dans la région du O. Scheikh et forme les collines environnantes, sur une largeur d'environ huit kilomètres. C'est l'endroit de la Chaîne Arabique où cette formation est le mieux développée. Elle se présente en un poudingue compact, se continuant en profondeur, et que l'on peut suivre, sans solutions de continuité, de la base au sommet des collines. Des vallées transversales l'entaillent profondément, aussi est-il facile de l'observer dans cette région.

Le O. Goueh (N. de Coçéir) contient le conglomérat grossier déjà mentionné dont les éléments atteignent 40 centimètres de diamètre et sont répartis sur le fond de la vallée.

Dans le G. Aesch apparaît aussi le type de roche du O. Hammamat. Il est en bancs très réduits et ses éléments se dispersent dans les schistes voisins comme au G. Doukhan. Dans ces deux localités ces roches paraissent donc accidentelles ; il en est de même au Sinaï : O. Barq, O. Kid, G. Ferrani.

A en juger par sa répartition, cette formation est très étendue à moins que

les gisements du Sinaï et de la bordure orientale des montagnes ne soient que des variations locales des schistes. Elle est par contre assez régulière à l'ouest, mais comme elle disparaît brusquement vers le centre de la chaîne, l'on est en droit de supposer que la partie de ces roches occupant cette région a été interceptée, en même temps que les schistes de la base, par la mise en place des granites.

Signification des « brèches ». — La formation des poudingues verts ne peut s'expliquer que par un mouvement négatif du sol déterminant une transgression marine. Celle-ci se heurte au massif schisto-cristallin émergé et aux appareils andésitiques. Cette hypothèse est la seule acceptable : car la présence de produits de projections volcaniques parmi les éléments constitutifs de la roche, implique l'existence d'une aire continentale. La seule question à résoudre est de savoir si les éruptions andésitiques et rhyolitiques sont antérieures à ces poudingues, ou contemporaines de leur formation. Des lapilli, bien que vitreux et craquelés, peuvent s'être vitrifiés autrement que par leur projection dans l'eau et leur nombre, trop réduit au milieu de ces roches, rend toute déduction téméraire.

§ 4. — Poudingues pourprés, arkoses et schistes rouges.

Schistes et arkoses. — Au milieu des formations anciennes précédentes apparaissent, en deux point de la Chaîne Arabique, au G. Aesch et au G. Oum-Khariga (G. Roussas), des bandes couleur lie-de-vin dues à des alternances de poudingues, de schistes et d'arkoses rouges. En suivant le O. Beli jusqu'à la mer, l'on atteint, à un moment donné, un plateau de calcaire miocène allongé du N. au S. Les vallées qui le traversent pénètrent de plus en plus profondément dans la montagne, en approchant de la mer, et mettent à découvert les couches redressées des schistes. On voit d'abord émerger des affleurements isolés de schiste noir dans le lit de la vallée, puis les formations anciennes deviennent très régulières. A mi-chemin de l'embouchure, apparaît une chaîne rougeâtre constituée par les schistes ci-dessus. La roche se décompose en fins éboulis aciculaires et prismatiques, et disparaît après 200 mètres environ. Tout cet ensemble plonge de 70° vers l'ouest ; le miocène qui le

couronne est horizontal. Ces formations à faciès rougeâtre sont plus importantes près du G. Roussas: elles s'allongent parallèlement à la côte sur toute l'étendue du G. Oum-Khariga, forment des bandes rougeâtres relativement développées, épaisses de 4 à 500 mètres et plongeant de 10° vers l'ouest. Elles débutent par des poudingues siliceux pourprés, surmontant eux-mêmes les schistes noirs plus ou moins siliceux. Puis viennent des alternances d'arkoses, de grès et de schistes rouges; enfin la série s'achève par une centaine de mètres de schistes rouges.

La composition de cette dernière roche est celle des schistes ardoisiers que j'ai décrits, avec une pâte très fine et très argileuse.

Marbre. — On ne trouve aussi le marbre qu'en deux endroits différents au G. Urf et dans l'une des collines bordant le O. Miah appelée d'ailleurs G. Roukham, montagne du marbre. Il en existe quelques lentilles interstratifiées dans les schistes du O. Retam (Sinaï), n'ayant d'intérêt que par leur métamorphisme au contact des granites. La roche du O. Miah est un marbre blanc qui peut rivaliser par l'éclat de sa couleur et la finesse de son grain avec la même roche de Grèce ou des Pyrénées. Il est légèrement ferrugineux et cette impureté se traduit à la longue par une patine jaunâtre qui colore, notamment, les éclats dispersés aux abords de la carrière. Ce gisement a été exploité sous la domination arabe, mais l'on n'en a guère retiré qu'une centaine de mètres cubes y compris les déblais. Il a la forme irrégulière d'un bloc isolé dans les schistes, ayant environ huit mètres de diamètre et se perdant en profondeur; son intérêt est encore diminué par des intercalations schisteuses ne permettant guère d'en extraire que des pièces de taille inférieure à deux mètres de long.

Je n'ai pu voir le gisement de marbre du G. Urf exploité dans l'antiquité, au dire des bédouins.

§ 5. — Succession des différentes formations précédentes.

Les conglomérats et les poudingues verts sont situés au milieu des schistes noirs lesquels surmontent les schistes verts au nord du O. Schaït. La présence de galets de schiste rouge au milieu d'eux dans le O. Zeidoun indique l'antério-

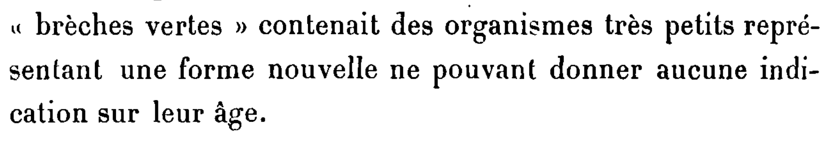
rité de celui-ci, confirmée par la situation relative de ces roches, dans la section donnée par le O. Aesch. Ici, comme je l'ai fait précédemment remarquer, les schistes rouges sont situés à l'est des brèches au milieu des formations anciennes plongeant vers l'ouest. Ils sont eux-mêmes encadrés par les schistes et grès noirs. Je rappelle qu'au G. Oum-Khariga, ces schistes rouges sont précédés de poudingues siliceux et d'arkoses également rouges de sorte que l'on peut établir la sucession générale suivante :

Sommet : 8. Schistes et grès noirs à grain fin.
7. « Brèches vertes » (poudingues et conglomérats) [1].
6. Schistes et grès noirs.
5. Schistes rouges.
4. Alternance de schistes et d'arkoses rouges.
3. Poudingues siliceux rouges.
2. Schistes, phtanites, grès noirs avec intercalation de marbre.
1. Schiste vert.

Cette série ne représente qu'une partie des formations anciennes, attendu que leur sommet a subi une érosion profonde, et que leur base est interceptée par la mise en place des granites.

§ 6. — Age des schistes.

Limite inférieure. — Les schistes précédents ne contiennent aucun fossile utilisable. Ils ne sont cependant pas azoïques car un des fragments des « brèches vertes » contenait des organismes très petits représentant une forme nouvelle ne pouvant donner aucune indication sur leur âge.



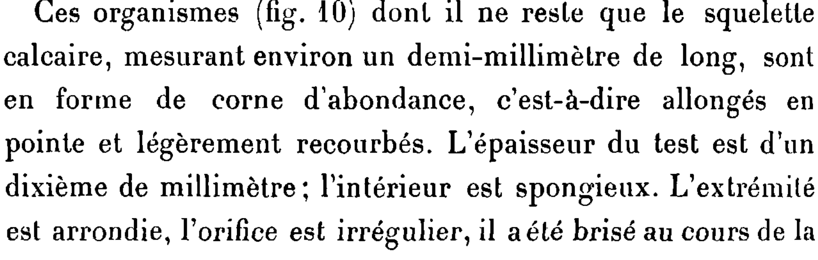


Fig. 10. — Fossile microscopique des schistes.

Ces organismes (fig. 10) dont il ne reste que le squelette calcaire, mesurant environ un demi-millimètre de long, sont en forme de corne d'abondance, c'est-à-dire allongés en pointe et légèrement recourbés. L'épaisseur du test est d'un dixième de millimètre ; l'intérieur est spongieux. L'extrémité est arrondie, l'orifice est irrégulier, il a été brisé au cours de la sédimentation. Aucun de ces organismes n'est complet parmi la douzaine de

1. De Rozières [1] a déjà remarqué la situation des « Brèches » à la partie supérieure des formations schisteuses.

spécimens visibles dans une seule plaque, aussi ne peut-on assurer être en présence d'un fragment d'*holoturie*.

La seule indication à retirer de la présence de ces organismes dans les schistes est la postériorité de ceux-ci au Précambrien.

Limite supérieure. — Les schistes, comme les granites, sont antérieurs au grès de Nubie, et même profondément arasés à l'apparition de ceux-ci qui envahissent progressivement les massifs dénudés. Les grès les plus anciennement connus en Égypte, sont ceux du Sinaï, d'âge westphalien ; mais, comme l'a montré Pomel[1], leur âge est variable ailleurs, car, à l'ouest de l'Égypte, et jusqu'au Maroc (Tassili, Mourzouk, Hamada-El-Hamra), cette formation a donné des fossiles dévoniens. Foureau[2] a recueilli aux mêmes endroits : *Homalonotus* cf. *Herschelli*, *Coleoprion gracile*, *Spirifer* cf. *Rousseaui*, *Strophœdonta oriskania*. L'âge dévonien est confirmé par Flamand[3], Gauthier (*in* Haug) et Chudeau[4]. Le premier de ces auteurs a même pu préciser l'âge coblentzien des grès de l'Ahnet et du Tidikelt. Récemment, Tilho[5] a recueilli dans les grès du Tibesti des contre-empreintes d'*Harlania* caractérisant les grès silurien supérieur de l'Amérique du nord, connus sous le nom de *grès du Médina*.

Les schistes sur lesquels reposent ces grès seraient donc d'âge silurien inférieur ou moyen.

Il existe en outre une certaine analogie entre l'ensemble des formations schisteuses égyptiennes et le silurien de Normandie ou de Bretagne. Elle n'est peut-être qu'apparente mais vaut la peine d'être signalée : voici le résultat de leur comparaison :

Normandie et Bretagne	*Afrique*
GOTHLANDIEN : Schistes et ampélites	Grès du Tassili.

1. *Les grès de Nubie sont de plusieurs âges*, *B. S. G. F.*, IV, 524, 1875.
2. *Documents scientifiques de la mission saharienne*, 2 v., Paris, 1905.
3. FLAMAND, *Sur la présence du dévonien inf. dans le Sahara occid.*, *C. R.*, CXXXIV, 1322, 1902.
4. HAUG, *Sur les fossiles dévoniens de l'Ahenet occid.*, *C. R.*, CXLI, 970, 1905 ; *Sur la structure géol. du Sahara central. Ibid.*, CXLI, 374, 1905. *Nouvelles données paléontologiques sur le dévonien de l'Ahenet. Ibid.*, CXLII, 732, 1906.
5. A. LACROIX et TILHO, *Esquisse géologique du Tibesti*, *C. R.*, CLXVIII, 1169, 1909.

	Normandie et Bretagne	*Désert Arabique*
ORDOVICIEN	Schistes, marbre, grès armoricain et grès de May.	Schistes et grès noirs, poudingues verts et conglomérats (*brèche universelle*). Schistes noirs avec intercalation de marbre.
CAMBRIEN	Schistes rouges arkoses et poudingues pourprés.	Schistes rouges, arkoses et poudingues siliceux pourprés (G. Oum-Khariga). Schistes et grès noirs, phtanites.
PRÉCAMBRIEN	Phyllades de St-Lô.	Schistes verts du O. Antar.

Emersion de la Chaîne Arabique. — D'après ce qui précède, l'émersion de la chaîne Arabique s'étant effectuée entre le silurien et les grès de Nubie, les mouvements qui l'ont mise à jour peuvent être attribués aux mouvements calédoniens. La régularité des sédiments anciens dénote un soulèvement à grand rayon. Nulle part n'apparaissent de plissements intenses ; les pendages se font surtout vers l'ouest, et n'atteignent que 12° à 15° au maximum. Le O. Aesch est la seule localité où les couches soient très relevées, mais la régularité des strates indique un affaissement de cette région plutôt qu'un plissement. Cette même allure régulière se retrouve dans les lambeaux affaissés du Sinaï, relevés en tous sens, et butant les uns contre les autres par des failles multiples. Ces bouleversements sont dus à des fractures *érythréennes*; dans le G. Aesch les alluvions isolant la montagne ne permettent pas d'observer ses relations avec la chaîne Arabique, et de voir si elle en est détachée par des dislocations ; en tous cas comme elle est surmontée de miocène horizontal, son redressement est donc antérieur aux effondrements érythréens.

Aucune observation ne permet de dire si les granites sont antérieurs, contemporains ou postérieurs à l'émersion de la chaîne Arabique.

§ 7. — Succession des roches éruptives anciennes.

Les *brèches vertes* sont très importantes par leur composition comme par leur situation pour déterminer la position de certaines roches éruptives.

Elles forment au milieu des schistes un repère auquel peut se rattacher une partie des roches anciennes, ce qui permet d'en donner la succession.

Granites. — C'est ainsi que l'on peut diviser les granites en deux séries : l'une antérieure, l'autre postérieure aux « brèches ». Les premiers, dont il ne reste plus de très rares gisements, ont alimenté les conglomérats du G. Goueh et du O. Zeidoun, presque entièrement formés de cailloux roulés de ces roches. Néanmoins, les massifs granitiques devaient être très étendus et constitués par des roches uniformes, car celles-ci se rencontrent dans tous les gisements de brèches, sans exception, et sans grande variation de grain ou de composition. C'est donc en somme la roche éruptive de profondeur la plus ancienne qui soit connue par sa situation et son âge antérieur à celui des « brèches ».

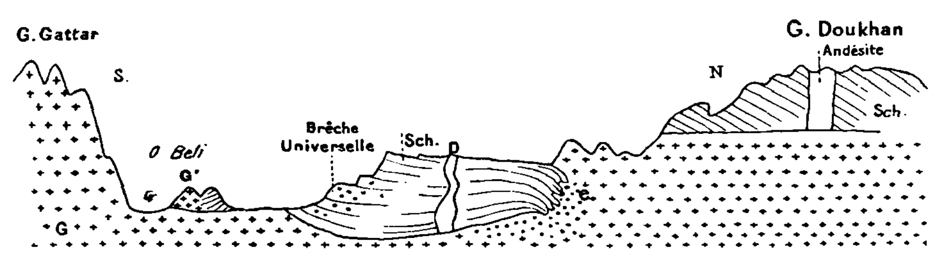


Fig. 11. — Section s'étendant du G. Gattar au G. Doukhan, montrant les âges relatifs des schistes Sch., des diorites D, de l'andésite (dacite ou dacitoïde , des granites roses et gris G, G'.

L'antériorité de ce granite à celui de l'autre série est mise en évidence par les vallées des Ouadis Baba et Oum-Bogma (Sinaï), où l'on observe le contact des deux roches. On y voit le granite ancien (fig. 32) traversé par les filons de pegmatite du granite rose ou des filons de granite ou de rhyolite accompagnant celui-ci. On distingue donc déjà nettement deux granites d'âges différents.

Les « brèches vertes » du G. Doukhan, du G. Ferrani, et du G. Scheikh sont antérieures au granite le plus récent. Elles sont traversées par ses filons de diabase ou de rhyolite. Ces derniers granites qui forment la majeure partie des roches éruptives de la chaîne Arabique sont d'ailleurs postérieurs à toute la série schisteuse, car, à tous les contacts de ces deux roches, les schistes sont métamorphisés et sillonnés de filons aplitiques, issus du granite.

Les schistes passent à des cornéennes, et des leptynolites plus ou moins minéralisées. Le O. Kyd et le O. Zaghara (Sinaï) sont les régions où le schiste est le plus métamorphisé et montre des leptynolites très feldspathiques d'autres à cordiérite ou andalousite.

Andésites. — Ces roches qui, passant aux dacites, devraient être considédérées comme dacitoïdes, se présentent également en deux séries : les unes, avons-nous vu, sont antérieures aux « brèches » comme l'indique la constitution de celles-ci; d'autres leur sont postérieures. Les « brèches » du G. Doukhan contenant beaucoup d'éléments andésitiques sont traversées (fig. 11 et 12) par les necks de porphyrites donnant naissance aux *porphyres rouges antiques*. Dans le G. Oum-Sidri les filons conjugués de la même roche sillonnent les schistes et les grès noirs sur toute la hauteur de la montagne (fig. 34). Les andésites de ces régions sont donc postérieures, comme les granites de la deuxième série, à l'ensemble des formations schisteuses.

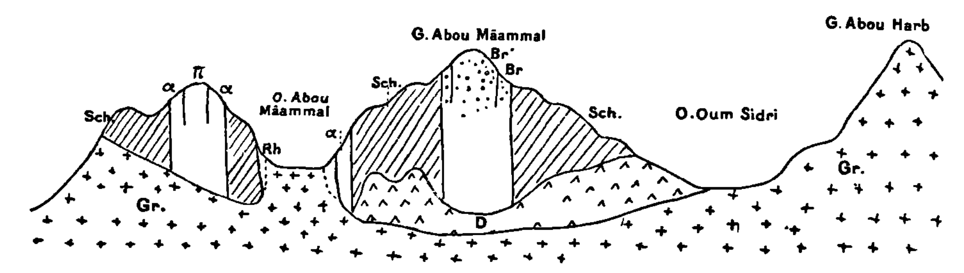


Fig. 12. — Coupe schématique du G. Doukhan, au niveau des carrières de *porphyre rouge*. Gr., granite; Rh, rhyolite; D, diorite; α, andésite dacitoïde ou dacite; π, *porphyre rouge antique*; Sch. Schiste; Br Br', brèches andésitiques noires et rouges.

Syénite. — Le seul gisement connu est traversé par les diabases, les rhyolites, les aplites et les pegmatites du granite d'Assouan auxquelles par conséquent il est antérieur. On ne peut par contre observer de contact entre cette roche et les diorites voisines. On remarque seulement qu'elle est postérieure aux schistes et au gneiss.

Diorite. — Les gisements de diorite sont postérieurs aux granites, suivant Rüsseger et Lartet, qui signalent des filons de cette roche-là dans les massifs granitiques du Sinaï. Barron [113] donne la même succession, puis la contredit en résumant ses observations où il conclut que les granites sont plus

récents. Hume [116] considère également des granites rouges plus récents que les diorites. En aucun endroit, je n'ai vu moi-même de diorite postérieure aux granites.

Les diorites quartzifères apparaissent dans les plus récents granites du G. Beli sous forme d'enclaves arrondies de tailles variées (fig. 33). Les massifs de cette roche, situés au milieu de la chaîne Arabique, sont traversés par les aplites, les rhyolites et les diabases du granite rose qui les environnent. Le O. Mâammal contient un épais filon irrégulier de diorite coupé brusquement par le granite qui constitue le fond de la vallée et la ligne de contact du granite se continue sans interruption (fig. 11).

Une petite bosse dioritique qui apparaît au tournant du O. Bararig,

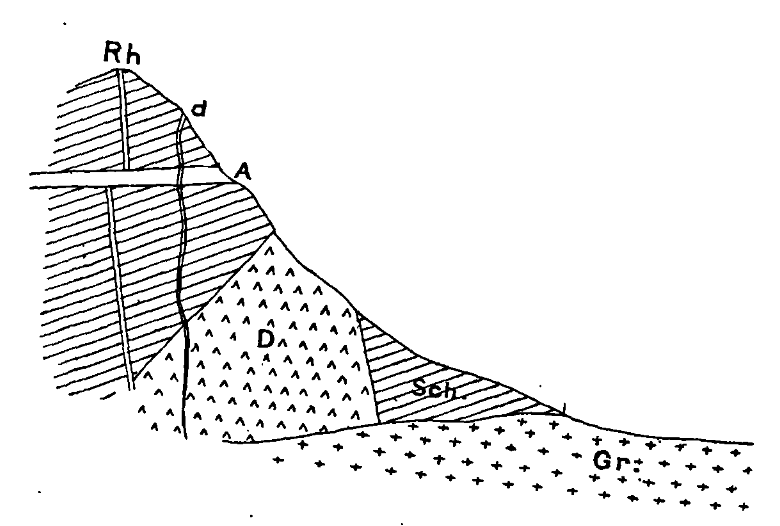


Fig. 13. — Disposition relative du granite et de la diorite, O. Bararig: Sch, schiste ; D, diorite ; Gr, granite ; A, aplite ; Rh, rhyolite ; d, diabase.

dans le G. Doukhan, surmonte également le granite entamé par la vallée ; le contact des deux roches peut s'observer sur cinquante mètres environ. On y voit des aplites, issues du granite, se multiplier en tous sens dans la diorite (fig. 13). Enfin le Sinaï occidental (O. Malhadge, O. Kyd) contient un grand nombre de bosses dioritiques traversées par les diabases, les rhyolites et même les granites roses (fig. 41). Les diorites sont donc sans aucun doute antérieures au granite de la deuxième série. Si l'on tient compte de l'absence de ces roches parmi les éléments constituant les poudingues verts ou les conglomérats, on en conclut que leur âge est postérieur à celui des

« brèches vertes » à moins toutefois que ces diorites ne soient la forme de profondeur des premières andésites, et aient échappé au démantèlement duquel est née la brèche universelle.

Gabbro. — Bonney et Miss Kath. Raisin n'expriment aucune opinion sur l'âge des gabbros et les étudient à côté des granites de la première cataracte ou du désert de Korosko. Hume [116], sans donner aucune relation génétique de cette roche avec ses voisines, la place à côté des syénites, des diorites et du granite rouge d'Assouan, entre les gneiss et les granites rouges du Gattar. Le seul gisement que j'aie observé au pied du G. Abou-Ghoussoun ne montrait d'autre contact qu'avec les schistes encaissants. Donc, leur seule analogie de composition avec les diorites les plus basiques, autorise à les placer près de ces roches-ci.

Péridotites. — Je n'ai pas vu le gisement de ces roches.

Anorthosites. — Ces roches à anorthite sont en relation, verrons-nous, avec les gneiss à amphibole, comme le sont également les diorites dont elles sont une forme plus basique. Leur gisement n'étant pas connu, il est téméraire de les « situer » dans la série des roches éruptives. On remarque seulement que les gneiss amphiboliques contenant des roches à bytownite sont, comme les diorites à bytownite d'Assouan, traversés par des filons d'aplite ou de pegmatite provenant du granite de cette localité.

Labradorite. — Les filons de labradorite du G. Doukhan sont traversés par les rhyolites et les aplites accompagnant les granites roses ou rouges. Dans le O. Malhadge, les labradorites, en filons épais, traversent les diorites et sont elles-mêmes traversées par des rhyolites et les diabases. Le filon de labradorite d'Urf-el-Bagar s'élève par contre au milieu des granites, mais il est, verrons-nous, une forme largement cristallisée des diabases dont il conserve la structure ophitique. Les labradorites proprement dites, à grands phénocristaux de labrador, sont donc antérieures au granite et postérieures aux diorites dont elles peuvent être la forme effusive.

Première série granitique. — Premières andésites (dacitoïdes). — Aucun gisement d'andésite antérieur aux « brèches » n'étant connu on ne

peut formuler de conclusion sur l'âge relatif de ces deux roches que par des déductions. Le granite et les andésites étant mélangés, dans cette roche détritique, cela suppose des granites émergés au moment de sa formation. On ne peut supposer les andésites de beaucoup antérieures aux « brèches » car leurs cendres et leurs tufs auraient été remaniés pendant la formation des schistes. Les éruptions andésitiques étant continentales, comme le prouve l'abondance des produits de projection, ont dû se produire pendant la période d'émersion des schistes au cours de laquelle l'érosion a mis à nu les massifs granitiques les plus anciens.

Deuxième série granitique. — Deuxièmes effusions andésitiques dacitoïdiques. — Barron et Hume [97] les seuls auteurs ayant étudié les

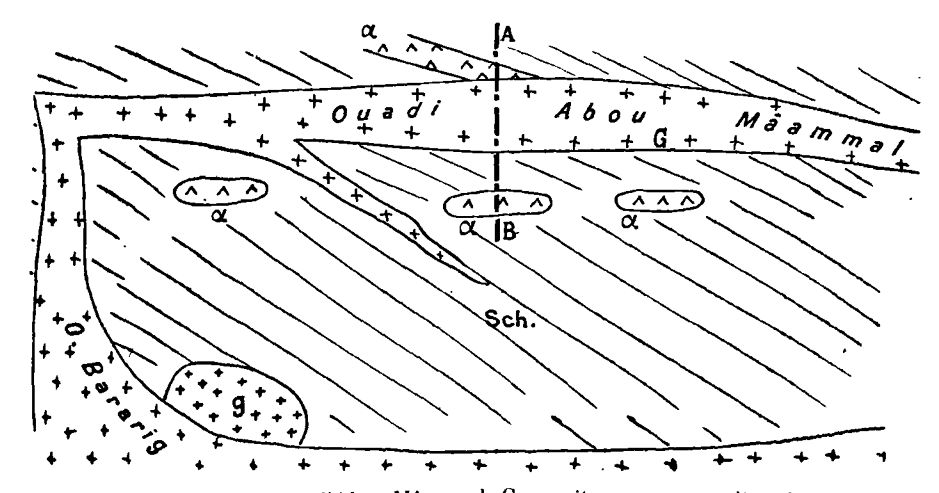


Fig. 14. — Plan de la vallée d'Abou Mâammal. G, granite rose ; g, granite gris ; α, andésite ; Sch, schiste (cf. fig. 35-36).

gisements de *porphyre rouge* le considèrent antérieur aux granites. Je n'ai pu revoir le neck de *porphyrite* traversé par les rhyolites, signalé dans leur ouvrage. Je me suis toutefois inspiré de leurs observations pour dresser le croquis schématique (fig. 35) de l'un de ces gisements. Par contre, dans la vallée débouchant en face du temple romain (O. Abou-Mâammal, G. Doukhan) j'ai trouvé un filon d'andésite sectionné en même temps que les schistes, par le filon granitique puissant occupant le fond de l'Ouadi (fig. 14).

Les salbandes de l'andésite (dacitoïde) deviennent d'un grain très fin au

contact du schiste, et cette modification endomorphique n'a pas lieu au contact du granite. Donc l'andésite est antérieure à celui-ci. Dans le G. Oum-Sidri, les filons minces d'andésite sont également sectionnés en même temps que le schiste par les granites roses dont la ligne de contact peut être suivie sur plusieurs kilomètres de longueur.

Les deuxièmes éruptions andésitiques ont donc lieu entre la formation des schistes (au moins de leur série visible) et la mise en place des granites les plus récents.

D'après ce qui précède, on peut établir la succession suivante :

5° Deuxième série granitique.
4° Syénite, diorite, [gabbro, péridotite], labradorite;
3° Deuxièmes andésites;
. . . . *Brèche verte universelle* ;
2° Premières andésites;
1° Série granitique ;

Dans les granites de la deuxième série, on ne peut établir une succession des différentes variétés visibles. On remarque seulement que le granite gris est antérieur aux autres (fig. 37), ce qu'observe également Barron [113] dans la péninsule du Sinaï. Certaines roches, comme les syénites néphéliniques, me sont impossibles à situer. Je me suis basé sur des analogies pétrographiques, pour les faire entrer dans les groupes bien définis.

L'âge des roches postérieures au palézoïque est précisé dans la suite de cette étude géologique.

CHAPITRE II

GRÈS DE NUBIE — BASALTES DU SINAI

§ 1. — Distinction de deux séries de grès.

A. — Carbonifère.

Rüsseger, en donnant aux grès de Nubie le nom qu'ils ont conservé depuis, grâce aux travaux de Lartet, a voulu désigner les grès roses du Sud-Egyptien, d'origine et d'âge problématiques. Le faciès lui parut uniforme, mais, cependant, la partie profonde que l'on a connue un demi-siècle plus tard, est tellement différente par son aspect, des grès de la Nubie, que Figari [1], puis Bauermann [26], n'ont pas hésité à distinguer des *grès inférieurs* et des *grès supérieurs*, séparés par des bancs calcaires. Barron [113] a lui-même tenté de séparer les grès de Nubie du carbonifère, mais l'opinion qu'il se fait de leur limite reste hésitante.

Voici comment se présentent ces grès en remontant le O. Sôr (O. Baba).

Crétacé inf. et jurassique (300 m.)	17. Grès blanc dur. 16. Basalte en coulée. 15. Grès blanc dur. 14. Grès rouge épais avec débris de végétaux fossiles, au sommet.	
Moscovien-Westphalien (150 m.)	13. *Calcaire violacé* fossilifère. 12. Marnes gréseuses. 11. *Calcaire violacé* avec blocs d'oxyde de Mn. 10. *Niveau manganésifère.* 9. Grès marneux rose et marnes roses. 8. *Niveau manganésifère.* 7. Grès rose, friable, à grain fin. 6. *Niveau manganésifère.*	40-50 m.

1. *Studi scientifici del Egitto*, 2 vol. cartes, 1864, Firenze.

5. Marnes gréseuses rouges et blanches.	
4. Marnes gréseuses jaunâtres avec empreintes de méduses et d'algues	15 m.
3. Grès compacts blanc-rosé.	85 m.
2. Marnes gréseuses bariolées.	
1. Grès rouges imprégnés de sel gemme, en bancs épais.	

Base : granites, diorites ou gneiss.

La série inférieure des grès est rouge-sombre violacé dans son ensemble, le grain des roches est grossier, intermédiaire entre celui des grès et les arkoses. Les grès inférieurs sont salés ; les marnes et les grès de couleur claire, qui s'y intercalent, sont irrégulièrement développés, leur étendue varie d'une région à l'autre.

Ces grès s'étendent à la bordure septentrionale du massif schisto-cristallin sur lequel ils reposent. Ils sont à peu près horizontaux, les couches inférieures viennent buter contre le granite et le gneiss et reposent progressivement sur eux, au fur et à mesure que le profil du massif cristallin s'élève. Les calcaires violacés du moscovien constituent un repère sûr, pour évaluer l'épaisseur de cette formation. Or, dans le O. Baba, ils sont à 150 mètres au-dessus des roches cristallines, dans le O. Oum-Bogma, ils n'en sont plus séparés que de 80 à 100 mètres, enfin, au O. Schellal, les grès inférieurs n'ont que 40 à 50 mètres d'épaisseur. Au delà du O. Baba, ils se continuent en profondeur, car le granite s'abaisse au nord sous la dépression de Debbet el-Ramleh.

Deux seuls gisements sont connus ; ce dernier, celui du O. Oum-Bogma, entre la chaîne cristalline du Sinaï et le Tih, l'autre sur la rive opposée du golfe de Suez, dans la profonde échancrure du O. Arabba (fig. 26), où l'a découvert Schweinfurth [51-54] et étudié Walther [58].

Age. — Unger [15] a le premier mentionné l'âge carbonifère de certains grès égyptiens mais sans donner aucun détail. Peut-être a-t-il voulu rapporter à cet étage les grès à *Araucarioxylon* de la Nubie décrits ultérieurement dans Zittel [41].

Salter [23] signale *Lepidodendron mosaïcum* Salt. déterminant le carbonifère avec plus de précision ; Bauermann [26] recueille des fragments d'*en-*

crines dans les calcaires, et peu de temps après, Wilson et Holland (*in* Tate, [29]) en rapportent des fossiles marins : *Orthis Michelini* PHILL., *Streptorhynchus crenistrata* PHILL., des *Spirifers* et des *encrines*, ainsi qu'une *Sigillaire*, Hull découvre *Syringopora ramulosa* GOLDF., *Productus pustulosus* PHILL., *P.* aff. *longispira* PHILL., des *Brachiopodes*. Barron [113] a revu ces gisements et en a signalé d'autres dans la même région. J'ai trouvé dans le O. Oum-Bogma de nombreux fragments d'encrines et de Productus, et le O. Abou-Sôr m'a donné des débris indéterminables de fougères géantes.

Dans le O. Arabba, Walter a recueilli une faune marine intéressante avec *Productus semireticulatus* MARTIN ; *P.* cf. *longispinus* de KON., des *Rhynchonelles* et des *Spirifers* : *S. convolutus* PHILL., *S. lineatus* MARTIN, *S. striatus* MARTIN, des débris d'*Aviculopecten*, de gastropodes et d'oursins.

Rothpletz [62] a considéré par intuition ces formations comme permiennes, mais l'on est en présence du carbonifère bien caractérisé comme le fait remarquer Schelwien [66], après les découvertes de Salter et de Holland qui précisent l'âge moscovien des calcaires. Les grès à *Lepidodendron* que surmontent ou englobent ceux-ci sont donc westphaliens. Cette série est mi-partie marine, mi-partie continentale ; il est impossible de fixer ce qui revient à chacun de ces faciès, mais on peut néanmoins distinguer en elles sept niveaux marins marquant chacun une oscillation du sol. Ils sont représentés par :

1° Les marnes gréseuses bariolées de la base (cf. succession précédente, couche n° 2) ;

2° Les marnes gréseuses noirâtres du G. Oum-Bogma (couche n° 4) ;

3°, 4°, 5° Les couches manganésifères (nos 6, 8, 10) ;

6°, 7° Les calcaires moscoviens (nos 11, 13).

B. — GRÈS DE NUBIE.

Faciès, origine. — Les grès de Nubie proprement dits débutent au-dessus des calcaires moscoviens. Leur faciès est aussi, dans son ensemble, très uniforme. Ils sont généralement roses, à petit grain, friables, disposés en bancs parallèles plus ou moins épais qui ont pu faire croire à une formation stratifiée. Ils montrent des stries obliques inclinées de 40° sur la surface de sépa-

ration des bancs, et mises en évidence par de minces saillies parallèles visibles aux endroits où la tranche des bancs est désagrégée par les vents (Assouan et O. Miah).

Les variations locales de ces roches sont représentées par des arkoses ou des poudingues, avec de rares intercalations de marnes comme le montre la succession suivante recueillie à l'est d'Assouan :

150 m.
5. Grès roses en bancs horizontaux ;
4. Grès avec des intercalations de marnes ferrugineuses (flore fossile) ;
3. Grès rouges à empreintes variées ;
2. Argiles ferrugineuses exploitées comme terre à foulon ;
1. Poudingue et arkose grossiers avec feldspaths kaolinisés.

Base : granite, diorite, gneiss.

Les grès sont généralement peu inclinés, 15°-20° au maximum, et suivent, à peu de chose près, le pendage des sédiments superposés. En beaucoup d'endroits ils sont presque horizontaux. Des dénivellations sont visibles au Sinaï, où se font sentir avec le plus d'intensité les effondrements érythréens.

A l'exception des fossiles marins trouvés au sommet, dans la zone de transition des calcaires jurassiques crétacés, ces grès n'ont fourni que les coquilles d'eau douce de Jowikal (Sud d'Assouan), et, sur toute leur étendue, des débris végétaux comme l'indique la répartition suivante des gisements où j'ai recueilli ces débris : G. Moghara, O. Baba (Sinaï, banc n° 14 de la succession précédente), G. Galala-el-Khibli, O. Kéneh, Plaine de Nagateir (sondage abandonné), O. Natasch, Redizieh (Est d'Edfon) ; Assouan, Kalabché, O. Allagi, To-mat (Haut-Atbara), indépendamment de ceux déjà signalés par les auteurs antérieurs : Lageita, Abou-Rahal (est d'Edfou), Kom-Ombo, Khor-Abaja (est d'Assouan).

Bullen-Newton [120] après Lyons [68] considère ces grès comme une formation d'estuaire, opinion inspirée par la présence inattendue d'*Inoceramus Cripsi* Blanck., à leur sommet, près d'Assouan, et d'*Ostreas* signalées à l'est d'Edfou par Coquand. Selon Hull, ils proviendraient du remplissage d'un lac par les sables ; Walther [55] et Fourtau [95] voient en eux des formations éoliennes, opinion que je partage, car la répartition de débris végétaux sur une étendue si considérable ne peut s'expliquer autrement que par une telle

origine. Les stries marquent l'accroissement de dunes anciennes nivelées par la suite en une surface horizontale, tendance qui s'observe dans le désert de Péluse, où l'on voit des dunes mobiles recouvrir un niveau plus ancien de dunes fixes mais irrégulièrement aplanies.

La présence de fossiles marins au sommet des grès s'explique par les oscillations consécutives qui précèdent les transgressions marines et qui donnent à la base des calcaires, et sur toute leur étendue, des alternances préalables de grès et de marnes.

Répartition. — L'énumération des localités précédentes donne une idée de sa répartition. Le grès de la mer Morte passant sous le jurassique et le crétacé, affleure au G. Moghara et au Tih, où il est mis à nu par la dépression de Debbet-el-Ramleh. Il forme ici la bordure du noyau cristallin sinaïtique, le contourne ensuite vers l'ouest, et s'étend jusqu'au sud de la péninsule. La rive africaine est bordée par cette même formation que l'effondrement érythréen met à nu au pied des plateaux calcaires, à partir du Galala-nord. Le O. Arrabà, séparant celui-ci du Galala-sud, l'entaille profondément sur trente kilomètres de large. Au delà de Safaga, il s'étale en bordure de la Chaîne Arabique et l'on en retrouve des lambeaux au nord de Coçéir, puis dans le voisinage de Bérénice. Le O. Kéneh le met à jour sur tout le flanc occidental de la Chaîne Arabique; il atteint le Nil vers Esneh puis s'étale des deux côtés du fleuve et, quarante kilomètres au delà, se perd en Libye sous le crétacé.

Composition. — L'aspect de ces roches et leur composition ont été décrits en détail par de Rozière. Au microscope elles se montrent constituées par des grains de quartz hyalin ou rosé (cornaline) éclatés ou roulés, de rares cristaux de microcline, tourmaline et hématite. Le tout est cimenté par de la silice hydratée. Parfois les grains de quartz se sont accrus par la recristallisation de silice secondaire, en une zone de même orientation que le cristal primitif remplissant les espaces interstitiels.

Le ciment est peu tenace. Le lavage de la roche, préalablement concassée, donne une poudre extrêmement ténue, blanche, dont la quantité s'accroît par le frottement. Cette substance est de la silice hydratée, soluble dans la potasse caustique, et se volatilisant, sans résidu appréciable, après attaque

par l'acide fluorhydrique. Sa présence dans les grès d'Assouan, à l'exclusion de la calcite, indique une cimentation opérée en dehors de la zone calcaire, car, à l'apparition du crétacé, le microscope décèle en eux une quantité notable de calcite qui peut arriver à former presque intégralement le ciment de la roche.

Age des grès de Nubie. — Ehrenberg [2] identifie les grès de Nubie avec le *Quadersandstein*, Botta[1] les situe en Syrie, entre deux calcaires, l'un jurassique, l'autre crétacé. Rüsseger [5] en fait du *Keuper*, mais dans sa carte, les colore en crétacé inférieur. Figari, dont les observations sont douteuses, les déterminations suspectes, et les interprétations fantaisistes, les considère, sans raison sérieuse, équivalents du *Muschelkalk*. Lartet [21-25] les place au crétacé. Bauerman [26] adopte l'opinion de Figari; Hull [45] les rassemble avec le *grès inférieur*, mais les colore, dans sa carte, en crétacé inférieur et moyen. Coquand [2], d'après le résultat des sondages de Delanoüe, les considère comme Cénomaniens ; Pomel [2], reprenant cette étude, montre, au cours d'une discussion serrée, qu'ils sont de plusieurs âges, ce que confirment les études de Barron et de Hume alors que Zittel et Schweinfurth les avaient situées au crétacé moyen.

La recherche de leur âge peut être envisagée de deux façons : soit par leur étude paléontologique, soit par les limites entre lesquelles ils s'étendent.

Paléontologie. — Les fossiles utilisables sont très rares. Ils se réduisent le plus souvent à des empreintes et à des débris végétaux cependant très abondants comme à Nagateir ou Kalabché, localités où l'on trouve des roseaux brisés en menus fragments. Voici, du nord au sud, les gisements les plus intéressants donnant des fossiles utilisables :

C. Moghara. — Les grès contiennent des débris d'*Araucarites* non caractéristiques.

O. Kéneh. — Les grès englobent des calcaires cénomaniens à *Ostrea olisiponensis* SHARPE. *O. flabellata* GOLDF., *O. Boucheroni* COQ.

Lageita. — Leur sommet donne aussi des fossiles d'âge sénonien comme : *Ostrea Bourguignati* COQ.

1. *Observation sur le Liban et l'Anti-Liban*. *B. S. G. F.*, 1833, *in* Lartet [26].
2. *Loc. cit.*

El-Ouah (est d'Edfou). — Les sondages de Delanoüe ont donné *O. Verneuili* Leym.

Abou-Rahal (est d'Edfou). — Hume a recueilli *Septifer* cf. *lineatus* Sow. et *Lingula* sp.

O. Abbad (id.). — *Chlathropteris ægyptiaca* que Seward [76] considère comme jurassique inférieur.

O. Allagi (sud d'Assouan). — *Weichselia :* wealdien du même auteur [76].

Jowikal (id.). — Hume a trouvé ici une faune d'eau douce très importante avec : *Unio Jowikalensis* Newt., *U. Crosthwaites* Newt., *Mutela mycetopoides* Newt. Ball avait précédemment trouvé en cette localité un fossile marin : *Inoceramus Cripsi* Blanck. rappelant l' *I. concentricum* d'âge albien-campanien.

O. Natasch. — J'ai rapporté de cette localité une flore analogue à celle d'Assouan examinée par Fritel. Elle n'a pu être étudiée car les tufs qui la contenaient, étant très salés, ont fusé immédiatement après leur exposition à l'air.

Assouan. — La lentille d'argile ferrugineuse située au sommet de la couche n° 4 (voir p. 47) m'a donné une florule très importante dans laquelle Fritel [100] a déterminé les espèces suivantes se répartissant entre trois monocotylédones et huit dicotylédones :

Juglans peramplus Sap., *Protoficus* sp., *Magnolia* aff. *inœqualis* Newb., *M. glaucoides* Newb. et *M. Woodbrigensis* Hell., des espèces voisines de *Liriodendropsis : L.* aff. *angustifolia* Newb., *L.* aff. *simplex* Newb., *Myrsinophyllum*, *Bignonia*, un laurier, une rhamnée etc., et enfin une espèce nouvelle : *Nelumbium Schweinfurthi* Frit. voisine de *N. provincialis* Sap. et une grande quantité d'autres empreintes.

Cela permet déjà d'assimiler le grès d'Assouan à une formation aturienne par identification avec les lignites de Fuveau en Provence, ce qui infirme les conclusions de Seward précédemment citées et combattues également par Hume qui, à la suite de ses observations stratigraphiques, est conduit à situer ces gisements au crétacé moyen ou supérieur (*in* Bullen-Newton [120]).

A. — Limites supérieures. — La recherche des limites supérieures des grès est intéressante en ce qu'elle confirme les idées exprimées par Pomel.

G. Moghara. — A 200 kilomètres au nord des localités précédentes du Sinaï, nous retrouvons accidentellement ces grès amenés à jour par un anticlinal en dôme, dont les couches profondes sont découvertes par l'érosion. Ici, les grès sont très relevés et plongent de 40° autour du centre. Ils passent

insensiblement à un calcaire compact bajocien, par une succession épaisse de bancs gréseux et de marnes jaunes verdâtres. On y trouve des empreintes végétales pour la plupart indéterminables et parmi elles l'*Araucarites* déjà signalé. Le bajocien étudié dans l'un des chapitres suivants est bien caractérisé au-dessus de ces grès (voir suite, ch. III), de sorte que leur formation peut être attribuée, ici, au jurassique inférieur.

Golfe de Suez : 1° *Sinaï*. — L'ensemble des grès du O. Baba est surmonté quelques kilomètres au nord de la vallée par les calcaires cénomaniens peu connus mais néanmoins bien caractérisés grâce à quelques fossiles qu'ils ont donnés : *Ostrea flabellata*, *O. africana*. *Hemiaster cubicus*, etc. ; ces mêmes formations se continuent jusqu'à Tôr où le G. Kabeliat montre une limite bien datée des grès. On y relève en effet la succession suivante :

Sommet 6. Calcaire cénomanien à *Ostrea flabellata*, *O. suborbiculata*, *O. Olisiponensis*, etc.
5. Succession de grès et de marnes à *Ostrea*.
4. Grès rouge, } Grès de Nubie.
3. Grès pourpre, }
2. Grès blanc, }
1. Grès rouge ou brunâtre. }

2° *Rive africaine*. — Dans le désert Arabique, au O. Arabba, les grès sont limités par le cénomanien à *Hemiaster cubicus*. Ils réapparaissent sur le rivage de la mer Rouge à Safaga, au G. Abou-Had, au G. Aesch et au nord de Coçéir, toujours surmontés de calcaire dont la faune dénote par contre un âge sénonien, car elle donne : *Gryphœa vesicularis*, *Plicatula spinosa* attribuées au campanien.

O. Kénéh (*partie haute*). — Sur la bordure occidentale de la chaîne Arabique et jusqu'à 25°15' de latitude nord, Hume [124] donne ainsi la disposition des grès :

5. Campanien	Marnes et argiles grisâtres à *Otodus auriculatus*, *Corax pristodontus*, *Ostrea Nicaisei*.
4. Turonien (*Grès nubien sup.*)	Grès de Nubie typique. Grès jaune et grès calcaire à *Holectypus turonensis*. *Ostrea* cf. *acutirostris*, etc.

3. *Nubien moy.* : Grès de Nubie.
2. Cénomanien : Calcaire à *Ostrea flabellata*, *O. Olisiponensis*, etc.
1. *Nubien inf.* : Grès friable blanc.

O. Kénéh (partie basse). — Ici, les *grès de Nubie* sont surmontés immédiatement du campanien, comme au nord-ouest de Coçéir, avec *Trigonearca multidentata*, *Ostrea Villei*, *Otodus auriculatus.*

Cette dernière succession, à la limite des grès, se poursuit dans toute la partie méridionale où l'on peut voir le contact de ceux-ci avec les terrains sédimentaires.

D'après ce qui précède, le *grès de Nubie* n'a pas d'âge fixe, il est de plus en plus jeune au fur et à mesure que l'on s'avance au sud et peut même s'être développé jusqu'à l'époque actuelle dans les régions restées émergées, comme celles d'Assouan par exemple.

On distingue donc quatre zones dans sa formation :

1° Dans le G. Moghara, le *grès de Nubie* est jurassique.
2° Jusqu'au 27°15' de lat. nord il se montre antérieur au Cénomanien (G. Galala) ou contemporain de cet étage (O. Kénéh).
3° De cette latitude-là jusqu'au niveau de Doungoul sa limite extrême est campanienne.
4° Dans la région continentale d'Assouan il se développe jusqu'à l'époque actuelle, avec des alternatives d'apports et d'érosions.

B. — Limites inférieures. — A l'exception du Sinaï septentrional, où ils font suite aux calcaires carbonifères, les grès reposent partout directement sur le massif schisto-cristallin. Au Sinaï, ils l'envahissent progressivement, ainsi qu'au Galala, où émergent, dans le fond de la vallée, quelques pointements granitiques. Au G. Aesch, à Safaga, à Coçéir, et en bordure de la mer Rouge par 24° 20' de latitude nord, ils s'étalent sur les roches anciennes cristallines. Suivant la bordure occidentale de la Chaîne Arabique, ils envahissent insensiblement les flancs de celle-ci, et l'on peut observer leur contact avec toutes les roches qui la constituent : diorite, granite, schiste.

Leur envahissement graduel du massif ancien est mis en évidence par leur épaisseur décroissante du nord au sud : au Sinaï et dans le O. Arabba, les grès ont de cinq à sept cents mètres : dans le O. Arabba leur ligne de

contact avec le cénomanien est à la cote 650 m. (flanc N.) et 450 m. (flanc S.). Le long du golfe de Suez, leur épaisseur se maintient à 200 mètres et se réduit à Assouan pour n'atteindre, par place, qu'une trentaine de mètres.

Dépression ancienne du Golfe de Suez. — La répartition des *grès de Nubie* en bordure de la mer Rouge montre qu'il existe au moment de leur formation une dépression topographique importante entre la Chaîne Arabique et le Sinaï. Jusqu'à Coçéir, les témoins qui en restent sont toujours en contre-bas des collines. Leur altitude, par exemple au G. Aesch, est de 200 mètres. La montagne voisine les domine donc de 300 à 1800 mètres. Au sud du 24° de lat. nord, leurs lambeaux se rapprochent, recouvrent l'axe de la chaîne qui devient plus basse et plus régulière en cet endroit, et rejoignent les plaines gréseuses du Soudan et de la Nubie sur lesquelles ils s'étalent.

Sur toute l'étendue de cette dépression il n'apparaît aucune trace de fracture antérieure au crétacé, on ne peut donc lui attribuer d'autre cause qu'une érosion intense, et sa présence explique la formation du golfe crétacique qui s'avancera sur son emplacement.

Conclusion. — Les observations précédentes montrent qu'après l'émersion de la chaîne schisto-cristalline, une période de désagrégation a suivi, mettant à nu les granites et toutes les roches de profondeur. Le maximum d'érosion a lieu suivant l'axe du golfe de Suez et les flancs de la chaîne actuelle. On ne constate à la base des grès qui en résultent aucune des formations détritiques grossières caractérisant les périodes de ruissellement torrentiel. L'érosion a donc d'autres causes et paraît être uniquement éolienne ou atmosphérique, ce que confirme d'ailleurs l'explication que je donne de l'origine des grès.

A cette période d'érosion fait suite une période d'apport qui débute avec le carbonifère. Les grès de cette époque avancent jusqu'au Sinaï, et après elle, s'étalent au sud comme l'indique l'énumération de leurs gisements.

§ 2. — Minerai de Manganèse et Turquoise.

Minerai de manganèse. — Dans la succession relevée au O. Baba (voir p. 43), le minerai de manganèse apparaît à quatre niveaux distincts. La régula-

rité de ses couches est variable dans chacun d'eux ainsi que la composition du minerai. Il est localisé aux environs du O. Baba dans un secteur de 8 à 10 kilomètres de diamètre ; les gisements connus sont situés : au O. Baba, au O. Khallig, au O. Nasb, à Oum-Bogma, etc., et toujours aux mêmes niveaux. La couche n° 6 est la mieux développée dans le O. Baba, sa situation est repérée par le grès n° 7 beaucoup plus dur que les autres. Les couches n° 8 et n° 10 constituent surtout les autres gisements. Leur épaisseur est irrégulière et augmente par leur réunion, due à l'amincissement local des marnes n° 9 qui les séparent. Le minerai est généralement plus riche à ce point de rencontre ; ailleurs, il est mélangé d'argile donnant un *wad* pauvre en manganèse, mais contenant du cuivre, comme le montrent les haldes de mines anciennes à la surface desquelles apparaissent des croûtes ou des filonets de malachite.

Les analyses de Lucas (*in* Barron [113]) mettent en évidence la composition inégale du minerai qui est un mélange de différents oxydes de manganèse et de fer. La proportion de Fe^2O^3 varie de 2,32 % à 98, 24 %, mais oscille généralement autour de 30 %. La teneur en MnO varie de 14 % à 41 %, celle de MnO^2, de 3 % à 71 %, mais se tient en général autour de 40 %, enfin dans d'autres minerais l'analyse révèle du bioxyde de manganèse pur. Les proportions relevées de MnO et MnO^2, d'après les analyses du même auteur, sont : 2 à 1 ; 1 à 1 ; 3 à 8 ; 3 à 14. Ce n'est donc pas un minéral défini.

Dans les fentes du minerai apparaissent des cristaux de pyrolusite en prismes aciculaires basés, si profondément striés longitudinalement qu'on ne peut préciser les faces de la zone *m* (110) h^1 (100) auxquelles ils doivent leur forme.

Avec la pyrolusite et dans les fentes du calcaire, il existe de la barytine en cristaux tabulaires *p* (001) *m* (110) a^1 (101).

Les gisements du Sinaï offrent une grande analogie avec ceux du Caucase, se présentant au milieu des grès éocènes et considérés comme des dépôts de précipitation chimique formés près d'un rivage. Ils ont été remaniés postérieurement à leur dépôt, car on en trouve d'énormes blocs dans les calcaires moscoviens ; ailleurs ce remaniement, semblable à ce qui se produit dans les gisements de Crimosa (E.-U.), donne des argiles imprégnées d'oxydes de manganèse ou *wad*. La faible épaisseur des marnes ou des psammites indique des oscillations de faible amplitude et de faible durée, ce qui justifie l'hypo-

thèse inspirée par les gisements du Caucase, d'une formation produite dans des eaux peu profondes, et concorde avec les observations de Wyville Thomson (Challenger 1878) [1] montrant les concrétions manganésifères surtout abondantes non loin du rivage, autour d'éponges et de radiolaires.

L'origine des oxydes de manganèse s'explique par la décomposition des roches sous-jacentes ou le lavage des grès résultant de leur désagrégation. Le granite le plus ancien, les diorites et les porphyrites contiennent en effet jusqu'à 0,4 °/₀ de MnO et ont pu affleurer à cette époque comme maintenant, bien que je n'aie observé nulle part de contact direct avec les formations marines du carbonifère. Mais je n'ai pas exploré minutieusement cette région ; toutefois leur présence à un niveau voisin est une coïncidence rappelant les remarques de l'auteur précédent relatives à l'abondance de boues manganésifères au voisinage de laves augitiques.

Turquoise. — La turquoise se présente, comme le minerai de manganèse, dans les grès du O. Moghara (Sinaï) précédant les calcaires, mais uniquement dans les bancs n°s 7 et 9, qui font suite aux niveaux manganésifères. Elle est si bien localisée que les bédouins ont remarqué cette singularité et donné des noms divers aux niveaux où apparaît la gemme : l'un est le *gnaïn*, n° 7, l'autre le *tâf*, n° 9 ; ce dernier donne les plus belles pierres [2].

Elle est en petits nodules de forme irrégulière, dispersés dans le grès et entourés par une enveloppe ferrugineuse tombant en écailles concentriques. A l'extérieur, elle passe insensiblement à la roche encaissante, aussi l'apparition de taches ferrugineuses est-elle un indice sûr qui révèle aux bédouins les nids productifs, dans ces roches inégalement riches en gemme.

Son origine reste problématique. Comme en Perse les gisements sont à proximité du basalte, mais celui-ci s'étend stratigraphiquement à 300 mètres au-dessus des gisements du O. Moghara ; il arrive à leur niveau par une faille récente. Il n'a donc pu, comme on le prétend à propos du gisement de Perse, fournir les éléments de la gemme. Ceux-ci se trouvent épars dans les formations voisines : l'alumine dans les marnes précédant le *gnaïn*, le phos-

1. Voir Fuchs et de Launay, *Traité des gîtes métallifères*, II, 7.
2. Pour les noms des diverses galeries, consulter Barron [113] et J. Couyat, *Quelques minéraux d'Égypte et du Sinaï. B. S. Fr. Min.* XXXV, 1912, p. 325.

phate de chaux, à la base du cénomanien sous forme de coprolites et d'ossements ; le cuivre, avons-nous vu, est dans les *lampadites* du O. Baba. Mais leur dispersion interdit de comparer la genèse du minéral à celle de la *variscite* et de la *redondite* produites par la décomposition de l'argile en présence de matières phosphatées.

D'autres gisements existent dans les mêmes grès au O. Arabba (golfe d'Akaba), ou dans ceux de la côte des Somalis, mais je ne les ai pas vus.

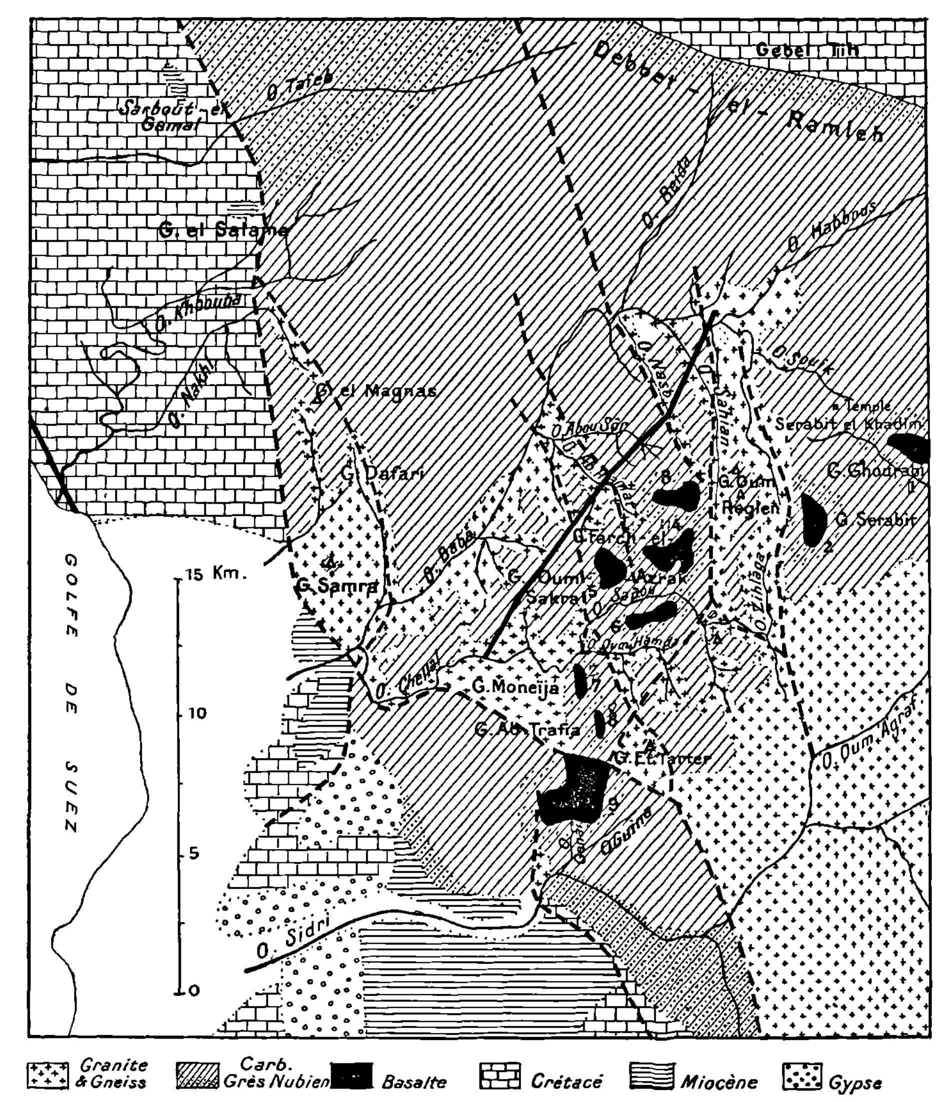
§ 3. — Age des Basaltes du Sinaï.

En se reportant à l'étude précédente des grès du Sinaï, on remarquera que les coulées sont postérieures au westphalien, et situées au sommet de la deuxième série des grès roses du O. Sôr.

Il est difficile de les situer exactement dans ces grès, car la série de ceux-ci est incomplète. Non loin de là, 6 kilomètres au nord du G. Haméir, qui représente la coulée la plus septentrionale de basalte, ces grès sont surmontés de calcaires cénomaniens bien caractérisés à *Hemiaster cubicus*, *Exogyra flabellata*, *E. Olisiponensis*, *E. Mermeti*, etc.

A cet endroit, si l'on en juge par l'épaisseur de la deuxième série gréseuse, ainsi que par l'allure régulière des couches, au milieu desquelles aucune faille n'est visible, les basaltes s'étendent à une faible distance des roches sédimentaires ; stratigraphiquement la même observation peut être répétée dans l'un des gisements méridionaux : celui du G. Moghara. Ici les grès s'étendent régulièrement vers le sud, sans trace de faille, et 3 km. 500 plus loin (O. Seh-Sidri, O. Guina), à une altitude supérieure de 30 mètres environ apparaît le cénomanien. En évaluant à 350 mètres l'épaisseur du deuxième étage de grès, les basaltes apparaîtraient donc au dernier 1/10 de leur hauteur. J'insiste sur ce fait afin de bien indiquer qu'ils sont plus proches en hauteur du cénomanien que du westphalien. Ces basaltes ont été trouvés par Lefèbvre, Lartet, Walther, Bauerman ; Barron [137] en a relevé tous les gisements, et, après avoir noté leur situation dans les grès, a tenté d'en fixer l'âge ; inspiré par les fragments de *Lepidodendron* découverts dans le westphalien, il attribue ces coulées au carbonifère et les considère comme intrusives. Cette dernière opinion me paraît difficile à contrôler ; mais ces

basaltes, appartenant à une même coulée dont les fragments se répartissent actuellement sur 20 kilomètres du N.-O au S.-O, leur intrusion paraît peu probable. Et d'ailleurs une pareille intrusion implique naturellement leur pos-



Carte 1. — Répartition des basaltes dans le Sinaï occidental. (Le trait représente un filon de basalte, et les traits interrompus sont des failles.)

Gisements : 1, G. Ghourabi ; 2, Sérabit-el-Khadim ; 3, Abou-Sôr ; 4-5, Farch-el-Azrak ; 6, Moghara ; 7, Moneïdja ; 8, Abou-Trafia ; 9, O. Genaïa. Le G. Haméir s'élève 2 km. à l'est des limites orientales de la carte.

tériorité aux grès et infirmerait par conséquent l'âge carbonifère que leur attribue l'auteur précédent. En tous cas, je n'ai observé aucune des roches scoriacées caractéristiques d'épanchements superficiels.

CHAPITRE III

JURASSIQUE

Le G. Moghara est le seul point d'Egypte où affleure le jurassique : c'est un massif de 20 kilomètres environ, s'élevant 100 kilomètres à l'est d'Ismaïlia et dont les premiers contreforts apparaissent déjà à 80 kilomètres de cette ville. Il tient son nom du point culminant, élevé de 802 mètres, mais il est constitué par plusieurs montagnes moins importantes.

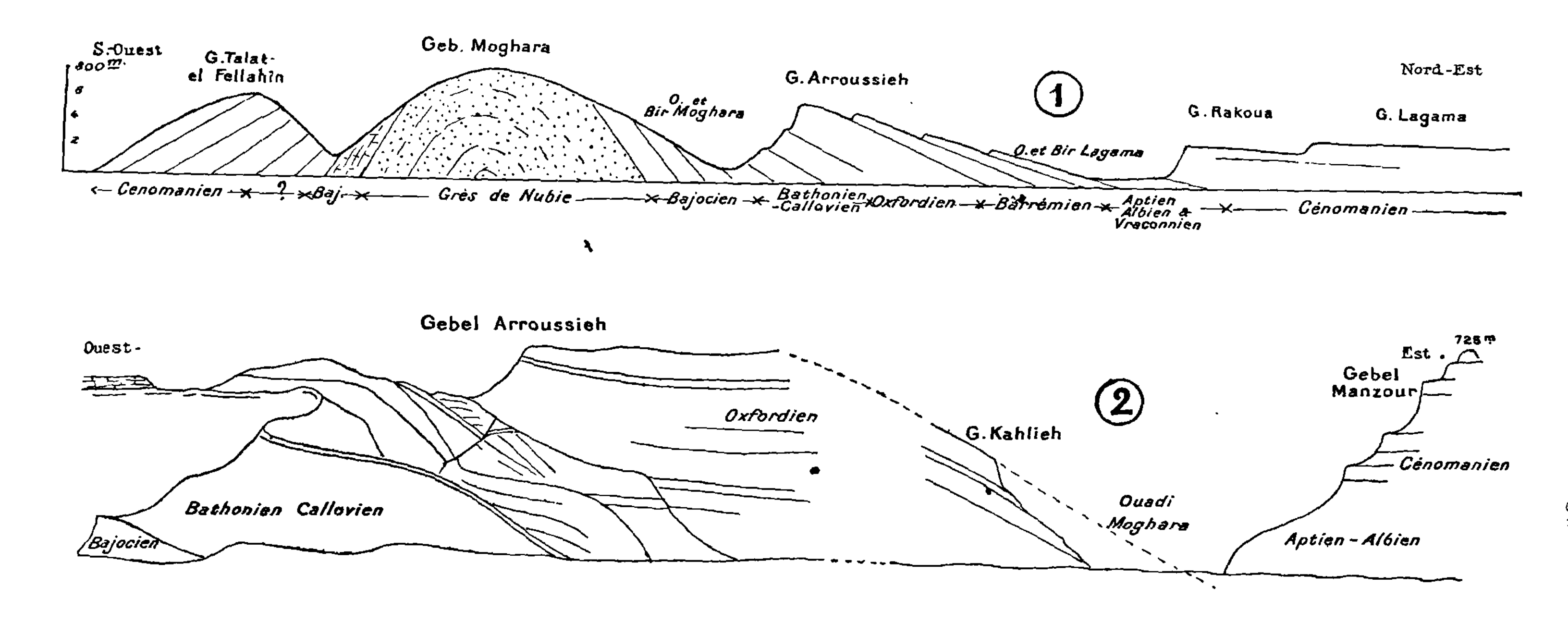
Ce massif marque la fin des ressauts calcaires du Tih, sur le versant méditerranéen, avec d'autres montagnes également indépendantes : le G. Bini, G. Hallal, et le G. Yallag, séparées par de larges espaces où courent les vallées qui débouchent dans le O. El-Arisch.

Sa forme est celle d'un fer à cheval dirigé vers le nord-est et dont le centre est occupé par la montagne du même nom. La convexité forme l'arc : G. Mâaza, G. Rekba, G. Talat-el-Fellahin, G. Abou-Lassaf; les éperons constituent : au nord, le G. Arroussieh qui se termine à l'ouest au G. Haméir, au sud, la crête Mchabba-Mlati continuant en direction l'arc précédent. Au nord du massif s'élèvent les plateaux d'Oum-Raghaoui et de Lagama.

Toutes les montagnes de la région paraissent stratifiées horizontalement, à l'exception toutefois du G. Moghara relevé violemment par les poussées importantes qu'il a subies en son milieu ; aussi les plongements ont-ils lieu autour de ce point et les différents étages, par conséquent, sont disposés en zones concentriques.

C'est dans cette partie centrale qu'est mis à jour le *grès de Nubie*. Le jurassique qui fait suite est, comme ce dernier, la continuation des formations syriennes. En outre, c'est à cet endroit que s'arrête la transgression jurassique. Partout ailleurs le crétacé fait suite au grès.

Faciès. — Le faciès du jurassique est notablement différent de celui des



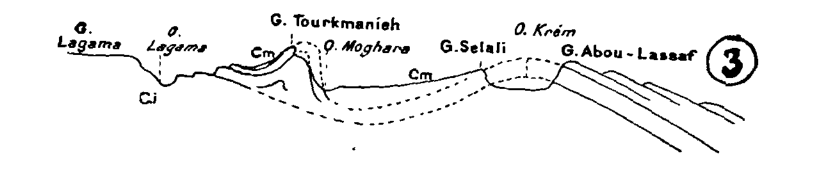


Fig. 15. — Sections diverses dans le G. Moghara : 1, section S.-O. N.-E. ; 2, profil le long du O. Moghara ; 3, plissement du G. Tourkmanieh. Ci, crétacé inf. ; Cm, crétacé moyen.

autres séries. C'est un ensemble de calcaires et de marnes avec intercalations de grès et jalonné par des calcaires très compacts et très durs, disposés en bancs épais, à trois niveaux différents : à la base du bajocien, au callovien et enfin au sommet de l'oxfordien. Les premiers sont grisâtres, les autres blanc jaunâtre. Toutes les parties intermédiaires sont plus ou moins ocreuses, ce qui détermine un aspect noirâtre caractéristique dû à la patine ferrugineuse que prennent les roches. A la base, les intercalations gréseuses sont fréquentes puis disparaissent insensiblement en approchant du callovien et dénotent des formations de faible profondeur tandis que la plupart des bancs compacts indiquent à leur début des dépôts profonds. Par contre leur superficie révèle les horizons à polypiers. Les oolithes correspondent toujours à des horizons fossilifères.

O. Moghara. — G. Aroussieh. — G Kahlieh. — La vallée de Moghara s'allonge d'abord dans le sens de la stratification ; les calcaires calloviens supérieurs constituent la crête du G. Samara (Aroussieh), rejoignent le G. Moghara en coupant la vallée, et laissent l'oxfordien en aval. Au delà, s'étale le cénomanien.

Oxfordien. — Base inclinée et plissée, sommet presque horizontal plongeant ensuite à l'est sous le G. Manzour. Les calcaires lithographiques de la base se détachent au nord pour réapparaître en une petite crête noirâtre au nord du G. Haméir. Constitution :

5. Calcaires argileux jaunes à polypiers en bancs épais peu fossilifères à la base.. 60 m.
4. Calcaires argileux jaunes avec bancs de calcaire crayeux. Ils contiennent :
   Serpula vertebralis Sow. race *asiatica* H. Douv., *Belemnopsis hastata* Blainv., *Perisphinctes* cf. *birmensdorfensis* Mœsch, *P. variocostatus* Bukcl. (= *Martelli* Oppel), *Pachyceras* sp. (*Lalandei ?*), *Aspidoceras Babeauum* d'Orb., *Nautilus giganteus* d'Orb., *N.* cf. *hexagonus* Sow., *N. desertorum* [1] H. Douv., *pholadomya lœviuscula* Ag., *Pleuromya varians* Ag., *Myoconcha* cf. *Rathieri* d'Orb., *Pecten* (*Plesiopecten*) *subspinosus* Schlot., *P.* (*Æqui-*

1. Un autre nautile de ce nom ayant été décrit par Zittel, je propose de substituer le nom de *N. Douvillei* à celui du *N. desertorum* de l'oxfordien.

pecten) fibrosus Sow., *P. (Syncyclonema) demissus* Bean., *Ctenostreon proboscideum* Sow., *Limatula consobrina* d'Orb., *Plagiostoma* cf. *rigidum* Sow., *Arctostrea amor* d'Orb., *Exogyra nana* Sow., *Gervillea* sp., *Pinna sublanceolata* d'Orb., *Terebratula Lamberti* H. Douv. [1], *Zeilleria bucculenta* Sow., *Collirites bicordata* Desm., *Holectypus depressus* race *orificatus* Schlot., *Cidaris Schlenbachi* Moesch, *Diplocidaris gigantea* Ag., *Rhabdocidaris copeoides* Ag., *R. Caprimontana* Desor, *Millericrinus echinatus* Schlot., *M. rotiformis* d'Orb., *M. Goupili* d'Orb., *Pentacrinus* sp., polypiers et spongiaires.. 80 m.

3. Calcaires lithographiques à *Belemnites*, *Encrines*, *Pachyceras*... 35 m.
2. Calcaires jaunes avec bancs compacts........................ 25 m.
1. Calcaires compacts en bancs épais formant la crête de la montagne et s'abaissant en gradins........................... 30 m.

Callovien-Bathonien. — Formations de calcaires blancs ou jaunâtres, compacts, patinées en noir, plongement 15° N.

19. Craie à polypiers.. 6 m.
18. Calcaires jaunes à *Gervillea orientalis* H. Douv., *Anabacia* cf. *Orbulites*, *Sphœra madagascarensis* Newt., *Arctostrea avita* H. Douv... 50 m.
17. Marnes vertes... 6 m.
16. Calcaires à *Terebratula* (grosses formes)...................... 1 m.
15. Calcaires compacts blancs oolithiques à la base .... 1 m.
14. Marnes .... 3 m.
13. Calcaires jaunes avec intercalations de bancs blanchâtres avec : *Stomechinus* sp. *Stringoceras pustuliferum* H. Douv.; *Terebratula superstes* H. Douv., *T. Quillyensis* Bayle., *Eudesia cardioides* H. Douv., *E. cardium* d'Orb., *Rhynchonella Orbignyi* Oppel, *R. obsoleta* Sow., balanes, helix, polypiers et térébratules .... 50 m.
12. Calcaires compacts... 150 m.
11. Calcaires jaunes à térébratules et *Liogryphea costellata* H. Douv. 10 m.
10. Grès feuilletés .... m8 .

1. Les espèces ou genres nouveaux que j'ai recueillis portent la mention H. Douvillé ou Fourtau des auteurs qui les ont décrits (près de 150 espèces non comprises celles du miocène et du crétacé, non décrites).

9. Calcaires blanchâtres à *Cidaris kimmeridjensis* COTT........... 3 m. 50
8. » » azoïques.............................. 4 m.
7. Calcaires jaunes à *Rhynchonella Orbignyi* OPPEL, *Eudesia cardioides* H. DOUV., *Thracia Vicelaciensis* d'ORB............ 4 m.
6. Calcaires blancs compacts à *Heligmus Rollandi* race *asiatica* H. DOUV., *Terebrella lœvis* H. DOUV...................... 50 m.
5. Calcaires à *Holectypus* du groupe *depressus* LESKE............ 3 m.
4. Grès avec lentilles calcaires................................ 30 m.
3. Calcaires jaunes avec bancs très compacts.................... 3 m.
2. Succession de bancs gréseux et calcaires..................... 100 m.
1. Marnes et calcaires jaunes marneux avec intercalation de grès ferrugineux contenant : *Cylindrites deserti* H. DOUV., *Myoconcha Aspasia* ORB., *Heligmus Rollandi* H. DOUV., *Astarte excavata* SOW.. 26 m.

O. Moghara. — Les couches supérieures de calcaire jaune marneux affleurent dans le O. Moghara à mi-chemin du Bir de même nom, et sur la rive gauche de la vallée. On y trouve, indépendamment des fossiles précédemment mentionnés :

> *Alaria armata* MORRIS et LYCETT, *A. tumida* LAUBE, *Procerithium* (*Cosmocerithium*) *Bouchardi* PIETTE, *P. deserti* H. DOUV., *Terebrella lœvis* H. DOUV., *Exelissa solitudinis* H. DOUV., *Oxynoticeras orientale* H. DOUV., *Æcotraustes subfuscus* H. DOUV., *Amphitricus mogharensis* H. DOUV., var. *costata* H. DOUV., *Discohelix elegantula* H. DOUV., *Discohelix* sp., *Ataphrus asiaticus* H. DOUV., *Astarte pisiformis* H. DOUV. race *asiatica* H. DOUV., *Cœlopis* Cf. *langrunensis* BIGOT, *Pachytypus paucicosta* TERQ. et JOURDY, *Trigonia pullus* SOW., *T. imbricata* SOW., *Pholadomya carinata* GOLDF., *P. inornata* SOW., *Ceromya concentrica* SOW., *Exogyra nana* SOW., *Nucula variabilis* SOW., *N. lateralis* TERQUEM et JOURDY., *N. tenuistriata* SOW., *Leda decorata* H. DOUV.

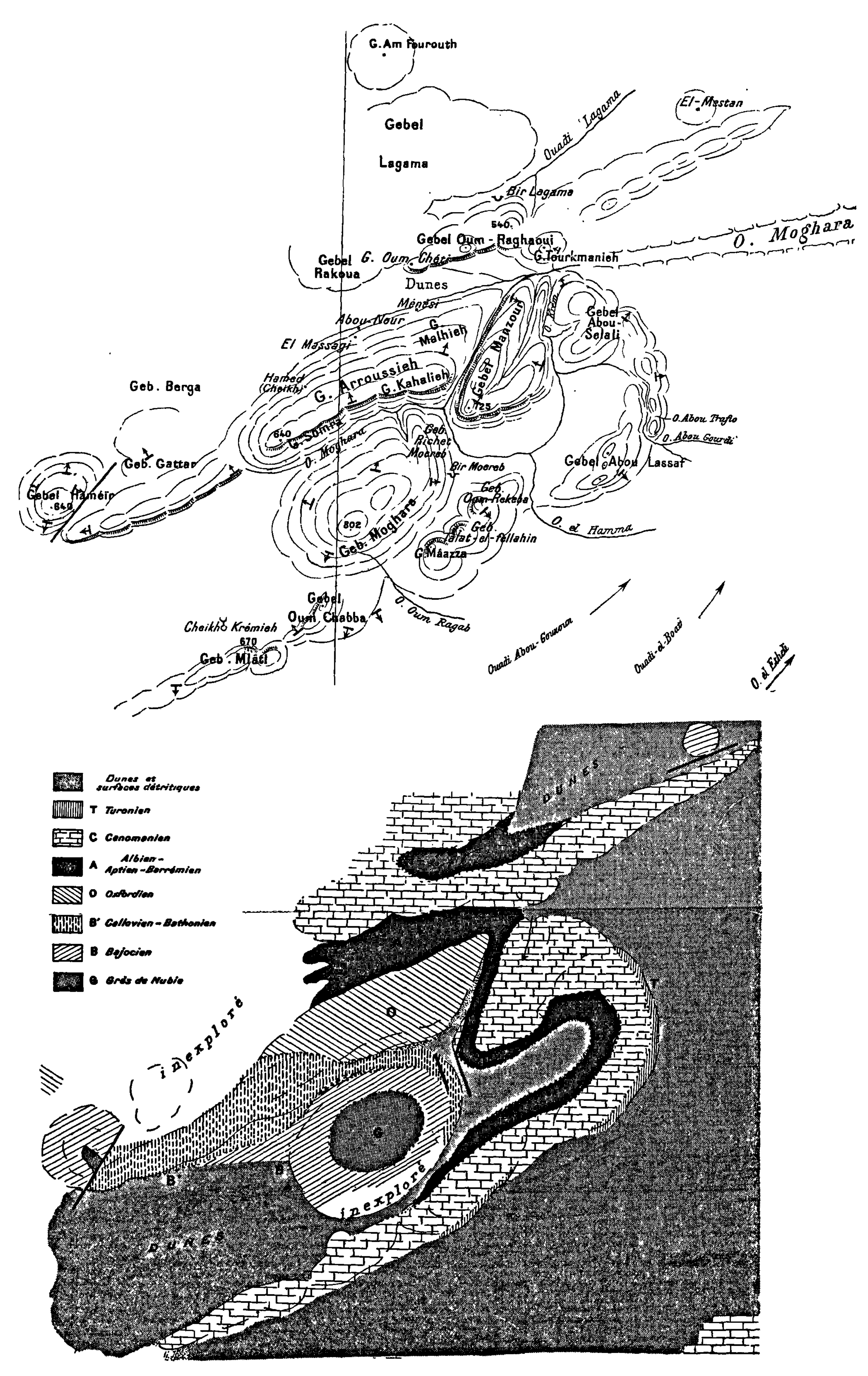
BAJOCIEN. — Même faciès que précédemment. Les grès sont plus abondants et très ferrugineux. Plongement 20-25° autour des centres ; il atteint 35° à la base.

11. Marnes.. 2 m.
10. Calcaires à rhynchonelles................................ 5 m.
9. Marnes correspondant au lit du O. Moghara................ 3 m.

8. Alternance de calcaires et de marnes avec *Alaria granulosa* Piette, *Cœloceras Braikenridgei* Sow., *Ermoceras mogharense* H. Douv., *Thamboceras mirum* H. Douv., *Heligmus interger* H. Douv., *Oppelia subradiata* Sow., *Phylloceras mediterraneum* Neum. . . . . 12 m.
7. Calcaires ocracés, ferrugineux au sommet, avec *Rhynchonella concina* Sow . . . . 1 m.
6. Marnes jaunes . . . . 2 m.
5. Alternance de calcaires et de marnes fines contenant : *Holectypus depressus* Leske, *Cœloceras Humphriesi* Sow., *C. coronatoides* H. Douv., *Ermoceras deserti* H. Douv., *E. elegans* H. Douv., *Pholadomya orientalis* H. Douv . . . . 50 m.
4. Succession régulière de calcaires compacts et de marnes ocracées : *Stomechinus bigranularis* Lamk., *Rhabdocidaris copeoides* Ag., *Holectypus* aff. *depressus* Leske, *Perisphinctes tenuiplicatus* Brauns. *Thamnastrea*, *Montlivautia*, *Zeilleria subbuculenta* Chap. et Dewalque., etc . . . . 50 m.
3. Calcaires compacts à *Terebratula fimbria*, *T. submaxillata*, *Rhynchonella Edwarsi* Chap. et Dew . . . . 80 m.
2. Alternance de grès et de marnes à *Araucarites* . . . . 60 m.
1. Grès de Nubie.

O. Moghara. — A quelques mètres de la localité précédente et sur la rive droite de la vallée, un monticule recouvert d'une maison ancienne éboulée contient une faune très importante avec toutes les ammonites précédentes et :

Phylloceras (*Triphyllites*) *disputabile* Zittel, *P. mediterraneum* Neum., *P.* sp., *Lytoceras adeloides* Kudern., *Oppelia subradiata* Sow., *O.* (*Œcotraustes*) *angusta* H. Douv., *O.* (*Trimarginites*) *Waterhousei* Mor. et Lyc., *Lissoceras oolithicum* d'Orb., *Ermoceras inerme* H. Douv. et *E. Mogharense* H. Douv., *Ancyloceras tenue* d'Orb., *Cylindrites deserti* H. Douv., *Myoconcha aspasia* d'Orb., *Trigonia hemispherica* Lyc. var. *asiatica* H. Douv., *Pholadomya orientalis* H. Douv., *Arcomya deserti* H. Douv., *Ceromya* (*ceromyopsis*) *rostrata* H. Douv., *Modiola solenoides* Mor. et Lyc.



Cartes 2 et 2 *bis*. — Topographie et Géologie du Gebel Moghara.

CHAPITRE IV

CRÉTACÉ ET SÉRIE VOLCANIQUE DU O. NÀTASCH

Le crétacé fait suite normalement au jurassique du G. Moghara ; partout ailleurs, il avance sur le grès de Nubie, le plus souvent en discordance (O. Arabba) mais si légère qu'elle n'est sensible que sur de longues distances.

Répartition. — Le crétacé constitue les montagnes s'étendant d'El-Arisch à l'Isthme de Suez. Ici, il passe sous l'éocène, réapparaît au O. Sadr jusqu'au Tih où il borde la dépression gréseuse de Debbet-el-Ramleh. Dans le désert Arabique, sa répartition suit celle du grès de Nubie : on le trouve à la base des plateaux déchaussés par les cassures érythréennes, le long de l'Ataka et du Galala, et naturellement en bordure de la profonde vallée du O. Arabba. Au delà du G. Galala, quelques lambeaux apparaissent jusqu'à Coçéir ; à l'ouest, il contourne la chaîne cristalline et forme la bordure occidentale du O. Kénéh ; au niveau de Kénéh, il s'étale sur les grès du désert Arabique et près d'Esnéh passe en Libye. Les lambeaux isolés de Coçéir et ceux répartis à l'est d'Esnéh sont très rapprochés ; leur altitude relativement élevée, 200 m. à 400 m., qui est sensiblement l'élévation moyenne de la montagne en cet endroit, permet de croire à la réunion des deux golfes au-dessus des collines de Coçéir, en tous cas l'un de ceux-ci s'avance au moins jusqu'à cette ville, l'autre, parallèle et plus étendu, borde la montagne à l'ouest et se termine à Doungoul (S.-O. d'Assouan). L'étude qui suit met en évidence, comme l'a déjà entrepris Hume [124], les différentes zones déjà mentionnées, marquant les stades de la transgression marine sur les grès de Nubie. J'accorde une attention spéciale aux étages inférieurs, car ils n'avaient jamais été signalés en Égypte avant mes recherches.

§ 1. — Crétacé inférieur.

Le massif du Moghara est également la seule région où soit représenté le crétacé inférieur. Celui-ci continue les calcaires compacts et crayeux de l'oxfordien. Il se présente sous la forme de calcaires marneux, jaune d'ocre, se délitant très facilement, et mettant à jour une faune abondante. Il s'étend entre le G. Kahlieh et l'arc de cercle montagneux du G. Abou-Lassaf, affleure au pied des montagnes environnantes qui limitent cet espace. Au nord, il passe sous le G. Oum-Raghaoui pour réapparaître le long du O. Lagama. Ici, il est horizontal ou incliné de 5° à 8° vers le sud; dans la concavité de l'arc montagneux, son inclinaison épouse celle du cénomanien qui le surmonte : elle est de quelques degrés au G. Manzour, de 15° à 22° le long du G. Abou-Lassaf ou du G. Rekba (voir fig. 15).

O. Lagama. — Ici, affleurent le Barrémien et l'Aptien très difficiles à séparer car les deux horizons très fossilifères contiennent beaucoup d'espèces communes. Voici d'ailleurs la répartition de ces faunes :

APTIEN. — *Bir-Lagama.* — Calcaires jaunes, marbrés d'ocre rouge, compacts, avec des parties oolithiques; leur surface mise à nu m'a donné :

Phylloceras semistriatum d'ORB., *P. infundibulum* d'ORB., *Desmoceras hemiptychum* KILIAN, *Crioceras* (*Acanthodiscus*) *hammatoptychus* UHLIG, *C.* cf. *simplex* d'ORB., *C.* cf. *obliquatum* d'ORB., *C.* cf. *dilatatum* d'ORB., *Duvalia* cf. *Grasi* DUVAL, *Puzozia Matheroni* d'ORB., *P. Angladei* SAYN., *Douvilleiceras Meyendorffi* (d'ORB.) SINZOW., *Nautilus Lallieri* d'ORB., *Knemiceras priscum* H. DOUV., *Perissoptera glabra* FORB. race *asiatica* H. DOUV., *Cyprina lagamensis* (*Venilicardia*) H. DOUV., *Trigonia Picteti* COQ., *T. quadra* SOW., *T. pseudocrenulata* NÖTLING.

BARRÉMIEN. — *G. Lagama.* — En aval du Bir-Lagama, et sur la rive droite de la vallée, des gradins, plongeant de 1° à 8° au sud, sont constitués par une succession de calcaires et de marnes avec des intercalations fréquentes de grès indiquant la proximité, en profondeur, des grès de Nubie. Une couche marneuse de 0 m. 50, contenant de minces filets oolithiques, a donné l'importante

faune ci-dessous. Cette formation, étant interceptée par une vallée profonde descendant du G. Raghaoui n'a pu être suivie. ce qui eût été cependant intéressant, pour comparer sa situation à celle de l'horizon précédent. Elle contient :

Lytoceras Liebigi OPPEL, *L. suttile* OPPEL, *Puzosia latidorsata*, *Costidiscus recticostatus* d'ORB., *Protocardia peregrinosa* d'ORB., *Granocardium simplex* H. DOUV., *Sphœra corrugata* SOW., *Crassatella subregularis* H. DOUV., *Opis neocomiensis* d'ORB., *Pinna* sp., *Neithea Morrisi* PICTET et RENNEV., *Platymya marullensis* d'ORB., *Cercomya deserti* H. DOUV., *Enallaster orientalis* FOURT., *E. syriacus* de LOR., *Holectypus macropygus* race *neocomiensis* GRAS, *Holaster syriacus* de LOR.

O. Mogàara — Le long de la vallée, et au pied des montagnes, affleurent les deux étages précédents représentés également par des calcaires jaunes très marneux avec :

Miotoxaster Lamberti FOURT., *Trematopygus Archiaci* d'ORB., *Echinobrissus Goybeti* COTT., *Pyrina Lamberti* de LOR., *Harpagotes Beaumonti* d'ORB.

G. Manzour (*base*). — Mêmes calcaires contenant :

Holaster Barthouxi FOURT., *Pseudodiadema libanoticum* de LOR., *P. Julii* FOURT., *Pseudobelus aptiensis* STOLLEY, *Protocardia hillana* SOW. var. *prisca* H. DOUV.

G. Manzour (*flanc ouest*). — Mêmes calcaires avec :

Pseudodiadema libanoticum de LOR., *Salenia Humei* FOURT., *Diplopodia Barthouxi* FOURT. et un grand nombre d'*Holectypus* du groupe *depressus*, *Pliotoxaster Collegnoi*, race *orientalis* FOURT.

G. Oum-Rekba. — *Holaster Barthouxi* FOURT, *Pseudodiadema libanoticum*, *Pliotoxaster Collegnoi*, race *orientalis*, *Dorocidaris Jullieni* GAUTH., *Cidaris pyrenaica* COTT.

§ 2. — Crétacé Moyen et Supérieur.

Dans la région précédemment étudiée, le crétacé moyen est entièrement à découvert; il n'apparaît ailleurs qu'au fond des vallées qui entament pro-

fondément les sédiments superficiels et atteignent les formations sous-jacentes jusqu'au *grès de Nubie.*

Dans le Sinaï, il est également très découvert par l'érosion ; il serait facile de l'y étudier et cependant cette région est encore peu connue.

Faciès. — Le faciès du crétacé moyen est très uniforme et ne varie guère qu'à la base et au sommet de cette période. Ce sont généralement des craies dures, blanches ou jaunâtres, contrastant au nord avec la couleur sombre du jurassique. Elles sont, comme nous le verrons, en concordance avec celui-ci et en transgression sur le *grès de Nubie*, du nord au sud. Le crétacé moyen débute par des calcaires jaunes qui continuent ceux de l'aptien, se poursuit par des craies blanches au milieu desquelles se trouvent des couches minces et irrégulières de calcaires oolithiques. Le cénomanien et le turonien sont représentés par des calcaires compacts en bancs généralement blanc grisâtre que leur faune seule permet de distinguer. Le passage aux étages supérieurs est insensible. Avec l'emschérien cependant, apparaissent des calcaires argileux jaunâtres, qui se distinguent facilement non seulement par leur couleur, mais encore par leur manière de se déliter en fines aiguilles. Ils passent eux-mêmes insensiblement aux craies marneuses de l'aturien et du danien.

Répartition. — Le crétacé moyen et supérieur forme les plateaux calcaires du Sinaï (Tih) depuis les premiers contreforts du G. Moghara [1]. Ici manquent cependant les étages postérieurs au turonien. Du Tih il contourne vers l'ouest le massif cristallin du Sinaï jusqu'à Tôr.

Sur la rive africaine, le premier pointement est représenté par le G. Chébréouét ; au sud, la fosse érythréenne le met à nu ; aussi peut-on le suivre dans les plateaux qui bordent la mer Rouge à partir de l'Ataka, ainsi que dans le O. Arabba, au pied du Galala.

Au sud, sa répartition coïncide avec celle déjà donnée du crétacé ; je dois ajouter, toutefois, que d'après Blanckenhorn et les relevés du *Survey Dep*[t], condensés dans une note importante de Hume [124], le cénomanien ne dépasse

1. Ne pas confondre cette montagne avec celle du gisement de turquoise du Sinaï ou celle de Libye dans laquelle Fourtau a recueilli une importante faune de vertébrés. De même il existe deux G. Kahlieh : l'un oxfordien dans le massif du Moghara, l'autre cénomanien-turonien à l'est de Suez.

pas le niveau de Tôr dans le golfe de Suez et la latitude de 27° 15 dans le désert Arabique ; au delà s'étend le cénomanien dans les limites déjà indiquées.

Voici d'ailleurs quelques gisements où ces différents étages sont nettement caractérisés. Je les choisis du nord au sud afin de mettre en évidence les limites inférieures croissantes, aux différentes latitudes.

G. Moghara. — La craie est le mieux développée au nord et sur l'arc de cercle formé par le G. Abou-Lassaf. Elle fait suite en concordance aux marnes et calcaires jaunes de l'aptien ; l'ensemble de ses formations atteint 500 à 600 mètres. Au voisinage du G. Manzour, les couches légèrement ondulées donnent une croûte mince de cénomanien protégeant les calcaires marneux jaunes sous-jacents. Au sud de ces montagnes, dans la concavité laissée par l'arc de cercle montagneux déjà mentionné, l'érosion l'enlève pour mettre à découvert l'aptien-albien. Au nord, un plissement ramassé sur lui-même affecte le cénomanien (G. Tourkmanieh fig. 15), pour donner un éperon formant le flanc septentrional du O. Moghara. Au delà du massif de Moghara, les calcaires marneux jaunes, profondément arasés, sont recouverts par les sables, et le crétacé ne laisse plus émerger que ses puissantes assises cénomaniennes de calcaire crayeux (G. Hallal).

TURONIEN. — *G. Lassaf* et *G. Oum-Chabba.* — Calcaire gris, compact, en bancs de 0 m. 60 d'épaisseur, peu fossilifères ; sa limite inférieure ne pouvant être repérée, l'importance de cet étage reste problématique. Il forme la bordure extérieure de l'arc montagneux du G. Abou-Lassaf jusqu'au G. Oum-Chabba [1] ; on y trouve :

> *Hippurites Grossouvrei* H. DOUV., *Durania* cf. *farafraensis* H. DOUV., *Acanthoceras Deveriæ* d'ORB.

CÉNOMANIEN. — Calcaire blanc, crayeux, en bancs compacts comme le turonien avec de rares intercalations de calcaire marneux jaune. Épaisseur totale 500 m. environ. Le sommet contient :

> *G. Manzour.* — *Manticelliceras laticlavium*, *Neithea quadricostata*, *Archiacia Julii* FOURT., *Pedinopsis Torrendi* COTT., *Goniopygus impressus* PER. et

1. S'écrit également Mchabba. Voir carte 2, p. 62.

Gauth., *Anorthopygus* sp., *Hemiaster* sp., *Pseudocidaris Barthouxi* Fourt., *Echinoconus castanea* Bron., *Aspidiscus cristatus* Lmk., *Hemiaster* sp. *H. sinœus* Fourt., *H. Newtoni* Fourt., *H. Gabrielis* Per. et Gauth. var. *ægyptiaca* Fourt., *Pyrazus Guerangeri* Orb., *Pseudoneptunea*, *Uchauxia* sp., *Trigonia* cf. *crenulata*, *T. neglecta*, *Exogyra flabellata*, *Orbitolina concava* Lmk.

Oum-Raghaoui. — *Epiaster Villei* Coq.

G. Mchabba-Mlati. — *Heterodiadema libycum* Desor, et nombreuses *Orbitolina concava* Lmk.

G. Bini. — *Pyrina* sp.

G. Rissan-el-Anaza. — Rudistes.

G. Yallag. — *Biradiolites Zumoffeni* H. Douv., *Eoradiolites irregularis* H. Douv. etc.

G. Gedéra. — Calcaires roses à Rudistes et Caprines.

Vraconnien-Albien. — Ces deux étages apparaissent comme l'albien, au pied des vallées de Lagama, d'Oum-Raghaoui et Moghara (à partir du G. Manzour) ; on le retrouve au pied de l'arc montagneux du G. Abou-Lassaf surmontant l'aptien. Ils sont constitués par le même calcaire marneux jaune et donnent une faune très riche, notamment en gastropodes. Aucune distinction n'est possible entre ces deux étages. Leur faune est la suivante :

G. Manzour N.-O. — *Typocidaris malum* Gras, *Holectypus* gr. *depressus* Leske, *Latidorsella latidorsata* Mich., *Tetragonites* cf. *Duvali* d'Orb., *Hamites* cf. *compressus* Sow., *Knemiceras Uhligi* Choff., *Lytoceras vicinum* H. Douv., *Diastoma ornatum* H. Douv., *Nerinella* cf. *algarbiensis* Choff., *Riselloidea tricarinata* H. Douv., *Acteonella gracilis* H. Douv., *Tornatella brevicula* H. Douv., *Metriomphalus orientalis* H. Douv., *Solariella* sp., *Meretrix* (*Flaventia*) *orientalis* H. Douv., *M. deserti* H. Douv., *M. Brongniarti* Leym., *Cyprina* (*Anisocardia*) *Hermitei* Choff., *Granocardium quinquecostatum* H. Douv., *Cardita Dupini* d'Orb., var. *deserti* H. Douv., *Eoradiolites Rousseli* Touc., *Trigonia analoga* H. Douv., *Exogyra Boussingaulti* d'Orb., *Idonearca orientalis* H. Douv., *Nucula margaritifera* H. Douv., *N. simplex* Desh., *Orbitolina* cf. *concava* Lmk., *O. conoidea-discoidea* Gras.

G. Manzour S.-E. — Mêmes calcaires à *Epiaster incisus* Coq., *Salenia Humei* Fourt., *Pliotoxaster Collegnoi* race *orientalis* Fourt., *Desmoceras Beudanti* Brong., *Crioceras* cf. *Munieri* Saras. et Schöndelm., *Pyrazus valeriæ* Vern.

et LORIERE, *Pseudomesalia deserti* H. DOUV., *Cerithium* (*Uchauxia*) *bituberculatum* H. DOUV.

G. **Oum-Raghaoui.** — Mêmes calcaires, avec *Douvilleiceras mamillare* SCHLOT., *Knemiceras gracile* H. DOUV., *Tetragonites* cf. *Duvali*, *Silesites nepos* H. DOUV., *Drepanochilus calcaratus* SOW. var. *ornata* H. DOUV., *Protocardia hillana* SOW.

Oum-Rekba (**base**). — *Cerithium* (*Uchauxia*) *mogharense* H. DOUV., *Ostrea directa* BLANCK.

Remarque : Les fossiles suivants, provenant pour la plupart du flanc occidental du G. Manzour, sont attribués par M. H. Douvillé au vraconnien, mais il y a en réalité en cet endroit un mélange de faunes qui rend illusoire toute délimitation entre l'albien sup. et le cénomanien inf.

G. **Manzour** (**flanc O.**). — *Varicigera Choffati* H. DOUV., *Ampullospira* cf. *Clementina* d'ORB., *A.* cf. *ervyna* d'ORB., *Meretrix* sp., *Granocardium quinquecostatum* H. DOUV., *Trigonia undulato-costata* BLANCK., *T. depauperata* H. DOUV., *T. orientalis* H. DOUV., *Idonearca deserti* H. DOUV.

G. **Manzour** (**Sud**). — *Hamites* cf.. *elegans* d'ORB., *Phylloceras* cf. *Rouyanum* d'ORB., *Cerithium* (*Uchauxia*) *bituberculatum* H. DOUV.

G. **Manzour** (**S.-E.**). — *Glauconia deserti* H. DOUV., *Pseudomesalia bilineata* H. DOUV., *P. brevis* H. DOUV.

Oum-Rekba. — *Ostrea directa* BLANCK.

Oum-Raghaoui. — *Gervillia æliformis* SOW.

G. **Lagama** (S. du Bir). — *Kosmatella costata* H. DOUV.

Ouadi Raha. — Le crétacé y est mis à jour dans un dôme anticlinal sectionné profondément par la vallée de Raha peu fossilifère. Deux gisements voisins m'ont donné :

ATURIEN. — Craie dure : 30 m. ; pendage 5° O. avec :

Echinochorys Fakryi FOURT. (G. Raha), Fragment de *Lytoceras* et de *Pectens*, *Ostrea vesicularis* GOLDF., *Spongiaires hexactinellidés : ventriculites* sp. et *coscinopora* sp.

EMSCHERIEN (Santonien ?). — Calcaire blanc et jaunâtre : 15 m. d'épaisseur. Pendage 10° S. (O. Raha). Faune :

Leiocidaris Crameri DE LOR., *Catopygus gibbus* TH. et GAUTH., *Echinobrissus inœquiflos* PER. & GAUTH. et *E. Barthouxi*[1] FOURT., *Trematopygus ægyp-*

1. V. la description de ces espèces *B. I. E.* (5) VII, 1913, 62.

tiacus Fourt., *Lychnidius oblongus* d'Orb., *Hemiaster Fourneli* Desh. et *H.* aff. *asperatus*, *Holectypus roachensis* Fourt., *Holaster Mesli* Th. et Gauth., *Orthechinus* sp., *Plicatula Ferryi* Coq., *Ostrea Costei* Coq., *O. dichotoma* Bayle, *O. Heinzi* Pér. et Thomas, *O. Bourguignati* Coq., *O. proboscidœa* Coq., *O. acutirostris* Nilss., *O. Boucheroni* Coq., *O. Gauthieri* Thomas et Péron, *O. Thomasi* Per., *Arca* (*Cucullea*) sp., *Cerithium* sp., *Fasciolaria* sp. *Amorphospongia tumescens* Th. et Gauth., *Galeolaria filiformis* Goldf.

Turonien. — Formé de calcaire compact en bancs de 0 m. 50 à 0 m. 60 superposés. Plonge de 15°-20° en tous sens autour du centre de la montagne en dôme. J'y ai récueilli :

Cyphosoma Abattei Gauth. (abondant) à la base, *Holectypus turonensis* Desor., *Echinobrissus Lefebvrei* Fourt., *Hemiaster* aff. *Luynesi* Cotteau, *H. Fourneli*, *H. Africanus* Coq., *Thomasites Rollandi* Péron, *Vascoceras*, sp. *Biradiolites cornu-pastoris* Desmoulins, *Nerinœa requieniana* d'Orb., *Cerithium* sp., et différents moules internes de gastropodes.

Cénomanien. — Calcaire ocracé en bancs compacts superposés comme le turonien. Pendage 20°-25° autour du centre. Il contient :

Hemiaster cubicus Des., *Rudistes*, *Ostrea flabellata* Goldf., *O. Mermeti* Coq., *O. olisiponensis* Sharpe, *O. suborbiculata* Coq., *O. conica* Sow., *O. Delettrei* Coq. Lmk., *Venus Reynesi* Coq., *V. Cleopatra* Coq., *Astarte lacryma* Coq., *Arca Favrei* Coq., *Conus* sp., *Cardita* sp., *Strombus* sp.

O. Sadr. — Le crétacé réapparaît sous l'éocène du O. Sadr (Sinaï) et la croûte éocène étant enlevée à partir de cet endroit il est mis à découvert au sud jusqu'aux montagnes granitiques. Ou y distingue nettement l'aturien et le danien avec de nombreuses *Plicatula Ferryi*, répandues sur le plateau de Foggaïa. La petite montagne du G. Somar représente un soulèvement du turonien; les ammonites y sont nombreuses :

Thomasites sp., *Sphenodiscus* sp. (*Sinaiticus ?*), *Pseudotissotia* sp., *Vascoceras* sp., *Pachydiscus*, etc. et des échinodermes en abondance : *Holectypus turonensis* Desor., *Hemiaster Africanus* Coq., *H.* aff. *Luynesi* Cott., avec *Echynobrissus Waltheri* Gauth., *Præradiolites Sinaiticus* H. Douv., *Thomasites Rollandi* Péron.

La même faune se continue en bordure du G. Arabba au N.-O. de Tôr. Quant au Tih, encore très mal connu, il contient le cénomanien à *Hemiaster cubicus* Desor, mais les couches superieures ne sont pas déterminées. Sur la rive africaine, le G. Chébréouét débute par le vraconnien à *Knemyceras syriacum*, puis continue par le cénomanien bien développé à *Hemiaster cubicus*. Le même fossile apparaît au pied de l'Ataka avec les moules internes de *Venus*, *Astarte*, *Arca* et *Ostrea flabellata* (cf. Vaillant [17]).

Géneffé. — Le maëstrichtien bien caractérisé apparaît à la base du Géneffé aussi bien sur son flanc oriental qu'occidental. Il est constitué par des calcaires jaunes, durs, inclinés de 3° au nord, ou horizontaux. Le passage au libyen est insensible, comme en Haute-Garonne, et se fait par des couches à miliolites qui ont échappé aux explorateurs de cette région, convaincus que ces calcaires jaunes, faciès courant du *moquattam inférieur*, devaient être attribués à l'éocène. Au pied nord de la falaise terminant le plateau, ces couches, apparemment azoïques ailleurs, contiennent de nombreux orbitoïdes ou miliolites parmi lesquels on distingue :

Orbitolina gensasica, *Biloculina* sp., *Quinqueloculina* sp., *Lituola* sp.

O. Kénéh. — Voici le résumé de coupes relevées par Hume [102] à un niveau où le cénomanien existe encore, d'autres au sud où il n'existe plus.

Danien & Campanien.	Calcaire blanc. Craie : *Ostrea vesicularis* Lmk. et *Pecten farafraensis* Zitt., *P. Mayer-Eymari* Newt., *Terebratulina* sp. Calc. grisâtre à *Otodus auriculatus* Ag., *Corax pristodontus* Ag., *Ostrea Nicaisei* Coq. Couches diverses phosphatées et schisteuses etc...
Santonien & Turonien.	Sables calcaires à *Ostrea acutirostris* Nils., *Plicatula*, *Tylostoma*. Sables jaunâtres à *Holectypus turonensis* Cott., dents de *scaphorynchus* sp. Grès nubien. Calcaires à *Hemitissotia* et *Pseudotissotia*.
Cénomanien.	*Ostrea olisiponensis* Sharpe. *Ostrea flabellata* Goldf., *Hemiaster Fourneli* Bayle. *Ostrea africana* Lmk., *Neolobites Fourtaui* Perv., *N. Schweinfurthi* Eck. *Ostrea suborbiculata* Lmk.

Kénéh (*Est de*). — Les craies argileuses grisâtres que Hume appelle *Esna shales* ont été mises à jour par des sondages dans la plaine de Nagaleir, où elles forment la transition avec le grès de Nubie, et contiennent en cet endroit un grand nombre de roseaux fossiles indéterminables; elles réapparaissent au sommet de la série suivante :

DANIEN.	Calcaire jaunâtre. Schistes gris. Calcaires jaunes à *pecten*.
CAMPANIEN.	Calcaires bleuâtres cristallins durs à *Ptychoceras* sp., *Anisoceras* sp., *Baculites syriacus* CONR., *Trigonia multidentata* NEWT., *Ostrea Villei* COQ. Couches à ossements avec dents d'*Otodus auriculatus*. Calcaire à *Ostreas*.

Doungoul, Kilabia. — A Doungoul même, le danien est représenté par du calcaire compact à *Cœlosmilia* et une faune très développée d'oursins :

Dorocidaris chercherensis FOURT., *Bothryopygus Schweinfurti* FOURT., *Gitolampas fallax* FOURT.

Mais c'est dans la dépression des oasis que les affleurements seront le mieux développés ; voici la série relevée à Kilabia (je renvoie au petit mémoire de Hume [124] pour la liste complète des fossiles que l'on y trouve) :

EOCÈNE.	9. Calcaire à *Operculina Libyca* SCHWAG. et *Conoclypeus Delanoüei* DE LOR.
DANIEN.	8. Marnes ardoisées [1] à *Ventriculites*, *Schizorhabdus libycus* ZITT. 7. Craie à *Ostrea vesicularis*, *Echinocorys vulgaris* LESKE. 6. Schistes ardoisiers avec la même faune que ci-dessus.
CAMPANIEN.	5. Calcaire à pectens : *P. farafraensis*, *P. Mayer-Eymari*. 4. Marnes ardoisées (*Esna Shales*). 3. Couches à *Cephalopodes*, *Scaphites Kambysis* ZITT. 2. Couches à phosphates : *Ostrea Forgemolli* COQ., *O. Villei* et *Otodus biauriculatus* ZITT. 1. Marnes ardoisées inférieures et grès nubiens.

1. Ces roches sont plutôt des craies marneuses grisâtres se délitant facilement, dites *Shales*.

Entre le crétacé et l'éocène, des mouvements ont lieu qui relèvent le crétacé; ils sont mis en évidence dans les régions septentrionales, mais partout ailleurs, il semble y avoir concordance entre les deux étages. Non seulement ces mouvements ont donné lieu à des cassures de faible amplitude, mais encore à des plissements intenses comme au Chébréouet. En outre, une période de désagrégation a mis à nu une partie de ces formations, atteignant le cénomanien inférieur, car l'éocène à *Operculina Libyca* repose sur les craies aturiennes, dans le G. Raha et le G. Oum-Chaoukh ; au Chébréouet, il bute contre le cénomanien redressé et démantelé ; au sud de l'Ataka, il s'étend sur les premières assises cénomaniennes. Une transgression éocène y donne, dans le G. Raha, un conglomérat de base au milieu duquel apparaissent encore des fragments aturiens d'*Ostrea vesicularis* et de *Pecten* cf. *farafraense*.

§ 3. — Série volcanique du Ouadi Natasch.

Cette région volcanique s'étend autour de 24°15' de lat. N., et 34°15' de long. E. Je n'insiste pas sur sa description, qui fait l'objet de l'un des chapitres suivants. Je me bornerai simplement à décrire ses relations avec les roches voisines, pour bien en préciser l'âge.

Au sud et à l'est, les coulées inférieures reposent sur des diorites, des schistes verts, des gneiss à amphibole.

Les Gebels Soufra et Nazla, qui sont des *necks* de sölvsbergite, traversent les granites anciens de la première série, à leur contact avec les schistes verts ; d'autres traversent les schistes verts (G. Oum-Sarg) tandis que, vers l'est, les cheminées de la même roche apparaissent au milieu des gneiss. La postériorité des roches volcaniques au massif schisto-cristallin ne fait donc aucun doute. Leur situation au contact des grès est par contre plus instructive. Les Gebels Abou-Rahal, situés à l'ouest du G. Oum-Sarg et formant deux dômes jumeaux de sölvsbergite, traversent les grès de Nubie ; le Gebel Direra également. L'*urf* cratériforme situé à l'ouest du G. Abd s'élève aussi au milieu des grès, tandis que sa cuvette centrale est occupée par cette roche.

Le grès étant d'origine continentale, il devient, dans la plupart des cas, impossible, d'après les observations précédentes, de savoir s'il est antérieur

aux necks ou déposé autour de leurs parois, postérieurement à leur mise en place.

Mais la région d'El-Ouaï et le O. Natasch permettent des observations plus intéressantes. Dans l'Ouaï une coulée d'andésites s'étend sur les grès. Au N.-O., dans le O. Natasch, les grès surmontent les andésites et les roches altérées trachytoïdes, tandis qu'un *neck* de trachyte phonolitique traverse l'ensemble de ces roches, notamment les tufs trachytiques fossilifères inclus dans

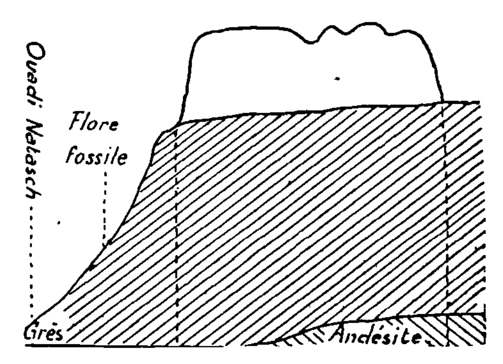


Fig. 16. — Grès de Nubie reposant sur une couléo andésitique et traversé d'une cheminée de trachyte phonolitique (O. Natasch).

les grès et contemporains des roches altérées trachytoïdes précédentes, donc antérieurs, verrons-nous, au neck ci-dessus. Voici la coupe relevée en cet endroit :

Sommet :	13. Grès rose de Nubie	6 m.
	12. Grès et poudingues ;	
	11. Grès fin ;	6 m.
	10. Conglomérat grossier ;	
	9. Grès grossier avec gros éléments ;	
	8. Grès blanc avec cendres ;	3 m.
	7. Grès fin rougeâtre ;	
	6. Tufs rougeâtres ;	
	5. Grès blanc ;	6 m.
	4. Tufs rougeâtres ;	
	3. Grès fin ;	
	2. Grès grossier avec intercalation de tuf grisâtre fossilifère	0, 60
	1. Conglomérat gréseux	6 m.

Partout ailleurs, vers le N.-O. et le S.-O., les roches altérées trachytoïdes et les andésites passent sous grès.

Les observations précédentes montrent donc que les coulées volcaniques sont contemporaines des grès. Elles se sont épanchées à l'époque où ils ont fait leur apparition en cet endroit au-dessus du massif schisto-cristallin. Une partie d'entre elles repose sur celui-ci à l'est, tandis qu'à l'ouest elles sont intercalées dans ees grès. Or ceux-ci sont du même âge que les grès d'Assouan; les tufs de la couche n° 2 ci-contre contiennent en effet une florule rappelant celle de cette localité [1], avec *Magnolia* et *Protoficus*; ces roches volcaniques doivent donc être attribuées à l'aturien. Leur position est conforme aux observations de Lefèbvre [4] dans le désert de Nubie et à celles de Lyons dans le désert de Korosko [*in* Hume 124].

1. Cette florule n'a pu être étudiée en détail car les spécimens rapportés étaient fortement imprégnés de sel et les tufs ont *fusé* en quelques jours, après avoir été extraits de leur enveloppe.

CHAPITRE V

NUMMULITIQUE

L'éocène, n'ayant d'autres relations avec les roches volcaniques que d'être traversé par les épanchements miocènes, n'a pas fait l'objet d'explorations étendues au cours de mes recherches. D'ailleurs, les formations de cette période sont maintenant caractérisées par une faune importante, bien étudiée, et la coordination, sur le terrain, des documents paléontonlogiques de Zittel [37], Mayer-Eymar [*in* 37], Oppenheim [110], etc., ou les observations de Blanckenhorn [89, 90], Barron, Hume, Beadnell [83, 84, 86, 97, 98, 103, 113], eût exigé plusieurs années, que je ne pouvais consacrer à un pareil travail. La région de Suez est la seule qu'il m'ait été donné d'examiner en détail.

Je rappelle qu'avec Zittel, l'éocène est divisé en trois parties :

Éocène supérieur Éocène moyen Éocène inférieur ou libyen	Série du Moquattam et du Fayoum.

La partie supérieure est elle-même divisée en *Moquattam inférieur* et *Moquattam supérieur*. Le *libyen* comprend, comme le montrent les fossiles des environs de Suez, tout l'éocène inférieur, jusqu'au lutécien inférieur y compris. Le *moquattam inférieur* doit être identifié avec le lutécien supérieur ; le reste est identique au bartonien.

Le libyen est représenté par des calcaires jaunes à foraminifères, ou des calcaires azoïques dont la puissance maximum est environ 80 mètres. Il fait suite au maëstrichtien bien caractérisé sur lequel il repose en concordance ; toutefois, au voisinage de l'Isthme de Suez, le lutécien repose directement en discordance sur le crétacé moyen ou le sénonien, marquant ainsi une transgression très nette, à peine sensible ailleurs.

Le *moquattam inférieur* est le plus souvent un calcaire blanc nummulitique ou un calcaire grossier, avec ou sans silex, mais d'une grande puissance : environ 500 mètres d'épaisseur maximum.

Le *moquattam supérieur* est, par contre, peu développé. Il est formé de calcaires jaunâtres, marneux ou siliceux, très fossilifères, avec gastropodes, plicatules, huîtres, etc. ou petites nummulites.

Les grès, sables, marnes ou les conglomérats abondent en bordure de ces formations, au Gebel Raha, et dans l'Ataka. Le gypse est rare, et localisé dans l'Ataka où il atteint 12-14 mètres d'épaisseur, entre le calcaire grossier et le libyen ; ailleurs, il n'apparaît qu'en filonets de sélénite, et n'a rien de commun avec les grands gisements d'albâtre oriental, constitués uniquement par de la calcite cristallisée et disposée en zones concentriques.

La *célestite* du Moquattam, bien connue, est localisée dans le libyen supérieur où elle tapisse les cavités et les fentes de calcaire blanc jaunâtre.

Répartition. — Le libyen coïncide, à peu de chose près, avec le crétacé supérieur, sur toute son étendue ; les lambeaux accrochés aux collines de la mer Rouge font supposer, comme pour le crétacé, l'existence d'un détroit divisant en deux tronçons la chaîne Arabique, au nord de la ligne Kénéh-Coçéir. La régression est accentuée avec la *série du Moquattam*. La limite de ces deux formations se maintient, au Galala-Nord, à une distance régulière du Nil, pour le rejoindre au nord d'Assiout. Au nord, elle passe sous le miocène, donc disparaît au parallèle du Caire. Au delà de l'Isthme de Suez, l'éocène constitue un vaste plateau. Il n'en reste maintenant que des témoins tabulaires dont le plus important est le G. Raha.

LIBYEN. — *G. Raha.* — Calcaire grossier passant au sud à de puissantes assises à silex interstratifiés et azoïques. Au nord, le G. Sarbout m'a donné :

> *Semicassis calantica* DESH., *Cepacia cepacea* LMK., *Campanile Benechi* BAYAN, *Strombus pulcinella* BAYAN, *Voluta arabica* M.-E., *Ampullina* cf. *parisiensis* d'ORB., *A.* cf. *Oweni* d'ARCH.

Deux kilomètres au sud, un conglomérat surmonté de calcaire rose, puis de calcaire compact à *Nummulites uroniensis* HEIM, se rattache au précédent ;

et cette analogie de faune avec le calcaire grossier ou l'éocène des Pyrénées permet d'attribuer cette formation au lutécien inférieur.

Géneffé. — Ce plateau, remarquable en ce qu'il résume sur un petit espace toute la géologie de l'Égypte, montre un *libyen* mieux développé que précédemment, caractérisé par un grand développement des foraminifères. Il surmonte en concordance le maëstrichtien, et, comme en Haute-Garonne, le passage se fait insensiblement par les couches à miliolites.

Un calcaire grisâtre émerge au S.-O. du G. Chébréouét et contient :

A. *Coscinolina* aff. *ægyptiensis* Chap., *Alveolina ovulum* Stache, *Nummulites Lucasi* Defr., *Orbitolites complanatus* Lmk.

C'est à ce niveau qu'apparaît *Echinolampas tumidopetalum* Greg., considéré jusqu'alors comme caractéristique de l'éocène moyen.

Latéralement, vers l'est, cet horizon passe à des calcaires sableux à *Gisortia tuberculata.* C'est donc une formation éocène inférieure bien caractérisée. Elle est épaisse d'environ 80 mètres, et limitée à son sommet par un calcaire blanc, friable, pétri de dictyocones, dans lequel on remarque :

B. *Alveolina oblonga* Schw., *Dictyoconus ægyptiensis* Chap., *Orthophragmina* sp.

Ces deux couches extrêmes englobent un ensemble calcaire plus ou moins gréseux dans lequel on peut marquer les horizons suivants :

Sommet :
6. Couche **B** précédente.
5. Calcaire sableux, jaunâtre, à *Eotherium ægyptiacum* = *Protosiren Fraasi* Abel.
4. Succession de calcaires blancs et jaunâtres avec *Echinolampas tumidopetalum.*
3. Calcaire jaune rougeâtre à *Sismondia* aff. *Blanckenhorni.*
2. Calcaire gris à *Alveolina ovulum* Stache, *Biloculina*, sp. aff. *bulloides*, *Dictyoconus ægyptiensis*, *Orbitolites complanatus*, *Rhapydionina* sp., *Orthophragmina* sp., *Larvaria* sp., *Echinolampas tumidopetalum.*
1. Couche **A** précédente.

Séries du Moquattam (Inf. et Sup.). — Il faut attribuer les deux importants gisements fossilifères suivants au *moquattam inférieur* :

Géneffé oriental. — Calcaires blancs et jaunes à :

Euspatangus aff. *formosus* DE LOR., *Schizaster* aff. *obesus* LEYM., *S. deserti* FOURT., *Opiaster* sp., *Linthia* aff., *Heberti* COTT., *Lithothamniées* abondantes.

Ataka. — Calcaire grossier contenant des moules internes et externes de :
Cardium cf. *asperulum* LMK., *Turritella heluanensis* M.-E., *Ptychocerithium* groupe *lamellosum*, *Pleurotomya* sp. *Mesalia*, *sp. M.* groupe *fasciata*, *Natica* sp., *Schizaster* sp.

Quant au *moquattam supérieur*, ses calcaires marneux donnent :

Géneffé. — *Nummulites Beaumonti*, *N. Schweinfurthi*, *Ostrea Clot-Beyi* BELL., *O. Bellardi* M.-E., *O. multicostata* DESH., race *Reili* FRAAS, *O. Fraasi*, M.-E., *Carolia placunoides* CANTR., *Vulsella crispata* FISCH., *Plicatula polymorpha* (en abondance), *P. Schweinfurthi* M.-E., *Echinolampas* sp., *E. Crameri* DE LOR., *E. Perrieri* DE LOR., *Anisaster gibberulus* MICH., *Thagastea Luciani* DE LOR., *Sismondia* aff. *Desori* COQ., *Schizaster africanus* DE LOR., *S.* aff. *obesus* LEYM., *S. deserti* FOURT. (ces deux espèces paraissent n'être pas en place ici, voir : *moquattam inf.*), *Euspatangus* aff. *Dowsoni* FOURT., *E.* aff. *Formosus*, *Linthia* sp., *Orthechinus*, nov. sp., plaques de Stellerides.

Au sommet de cet étage, apparaît un niveau à gastropodes contenant :

Mitra nov. sp., *Marginella Fourtaui* COSSM., *Vasum* (*Eovasum* H. DOUV., nov. gen.) *frequens* M.-E., *Cyprædia elegans* DESH., *Corbula harpæformis* OPP., *Cardita Fraasi* OPP., *C.* aff. *acuticostata* LMK., *Turritella angulata* SOW., *Helimotus niloticum* M.-E., *Mesalia fasciata* LMK. var. *trilineata* OPP., *Modiola Fraasi* OPP., *Clavilites goniophorus* BELL., *Ostrea multicostata* DESH., race *Stanleyi* M.-E., *O.* cf. *cubitus* DESH., *Cardium* aff. *halaense* D'ARCH., *Pectunculus pyramidarium* OPP., *Rimella fissurella* LMK., *R. duplicicostata*, enfin, de gros gastropodes, notamment les *Turbinella* abondantes dans le *moquattam supérieur* du Caire.

Dans le Géneffé, il est possible d'établir la succession des horizons suivants, attribuables au *moquattam supérieur* :

Sommet : 6. Calcaires à *Carolia placunoides*.
5. Calcaires à gastropodes ci-dessus.
4. Calcaires à *Thagastea Luciani*, *Anisaster gibberulus*.
3. Calcaires à *Plicatula polymorpha*.

2. Bancs d'*Ostrea Clot-Beyi*.
1. Calcaires à *Nummulites Beaumonti*.
Moquattam inf. à *Nummulites gisehensis* (surtout fossilifère vers l'ouest. Ce foraminifère manque dans la région de Suez. Je l'y ai antérieurement signalé à tort).

Classification des terrains éocènes. — La classification adoptée par Zittel, et actuellement admise, n'a rien de définitif, surtout après les indications parfois contradictoires que donne l'étude paléontologique de documents recueillis par des voyageurs peu soucieux ou se trouvant dans l'impossibilité d'en noter la situation précise. Schweinfurth, Blanckenhorn et Fourtau ont tenté de compléter les indications de Zittel; mais à l'exception de la succession établie par le premier de ces auteurs, les autres documents restent confus ou insuffisants. On y signale, par exemple, l'*Echinolampas tumidopetalum* comme éocène moyen alors qu'il est caractéristique du libyen. De même l'*Eotherium* serait déjà une espèce libyenne, ainsi que *Sismondia Blanckenhorni*; *Anisaster gibberulus* existe, en outre, dans les couches à plicatules. Il serait d'ailleurs facile de multiplier les exemples de ce genre, pour montrer combien sont illusoires les cloisons de Blanckenhorn. Fourtau[1], dans un mémoire récent et bien documenté, a repris son ancienne classification [128] en s'inspirant de la faune échinitique qu'il avait l'avantage de très bien connaître, et voici, résumées, ses conclusions :

	Apparition des *Clypeasters*............	Ludien-Tongrien
MOQUATTAM sup.	*Thagastea Luciani*.................. *Echinolampas Crameri*.............. *Anisaster gibberulus*................	Bartonien.
MOQUATTAM inf.	*Schizaster africanus*................. *Euspatangus formosus*................	Auversien Lutécien
LIBYEN	*Conoclypeus Delanoüei* 2 horizons : a) *Hypsospatangus Lefevbrei*.......... b) *Plesiospatangus Cotteaui*...........	Londinien Thanétien

Une étude méthodique de l'éocène égyptien reste donc à faire pour situer avec précision, dans la série stratigraphique, tous les matériaux paléontologiques déjà connus.

1. *The divisions of the Eocene of Egypt*, GEOL. MAG., III, pp. 64-8, 1916.

CHAPITRE VI

MIOCÈNE

Le Miocène est très développé entre Le Caire et Suez, où les dénivellations produites par de nombreuses fractures, ainsi que les échancrures des vallées dans des ondulations tectoniques, le rendent facile à étudier. Enfin la faune est si abondamment distribuée que ces formations comptent parmi les plus connues. Blanckenhorn [94] et Barron [107-114] en donnent de nombreuses sections, mais leurs divisions sont empiriques. Le dernier de ces auteurs a négligé une note antérieure dans laquelle Depéret et Fourtau [82] distinguent trois étages dont la dénomination pourra être modifiée, mais dont l'existence est absolument confirmée par la stratigraphie et les mouvements tectoniques

Faciès. — Les faciès sont très variés à la base de ces formations. Au début, reposant sur l'éocène, sont développés des calcaires blancs et friables, siliceux à leur partie supérieure, se délitant facilement, et dont l'ensemble est épais de 30 mètres environ. Puis, des grès, des marnes bleues et des calcaires siliceux leur font suite ; leur épaisseur, variable, atteint 25 mètres. Enfin la partie supérieure, épaisse d'une centaine de mètres, et constituant les formations peu profondes avec des bancs épais d'huîtres et de polypiers, est constituée par un calcaire blanc jaunâtre, granuleux, en bancs épais et réguliers dont les limites sont à peine sensibles.

Répartition. — La répartition est des plus simples : à l'ouest, le miocène forme une bordure à la Méditerranée jusqu'au parallèle du Caire. A l'est, il s'arrête au pied des montagnes qui limitent l'Isthme de Suez, puis il couvre la dépression de Suez, sur l'emplacement actuel du Golfe, jusqu'à 27° 30′, encadré par les montagnes entre lesquelles il est endigué. Il suit en quelque sorte, mais avec moins d'étendue, le golfe crétacique déjà mentionné.

§ 1. — Stratigraphie.

Voici deux sections choisies donnant par leur superposition un développement complet de la série miocène.

G. Garra. — C'est au pied de cette montagne que sont le mieux développées les formations inférieures de la série (Voir la liste de fossiles donnée à la fin de ce chapitre)[1].

Sommet : 15 à 18 : Quatre couches superposées de calcaire blanc jaunâtre équivalentes des formations du Géneffé.

14. Calc. blanc à *Echinolampas amplus*, *Chlamys submalvinæ*, *Pecten cristatocostatus*, etc.
13. Banc d'*Ostrea Crassissima*, *O. Virleti*, *O. Gingensis*, var. *setensis*, *O. digitalina* var. *Rohlfsi*, *Teredo*, *Pecten submalvinæ.*
12. Grès blanc jaunâtre à *Scutella Zitteli*, *Clypeaster geneffeensis*, *Echinolampas amplus*, *Pecten geneffeensis*, *P. Josslingi*, *P. Kochi*, Balanes, *Cryptangia parasitica*, *Cellepora palmata* (abond.).
11. Grès calcaire jaunâtre à Scutelles, *Pecten Kochi*, *Mytilus* sp., *Strombus* sp.

    Au sommet de ce grès sont des galets gréseux formant un conglomérat grossier présentant des trous de Teredo et des moules internes de *Cythera*, *Lucina* et débris de *Pectens.*
10. Marnes bleues.
9. Calc. bréchoïde et galets marneux, avec *Pecten Josslingi*.
8. Calc. jaune à *Pecten Schweinfurthi*, *P. Blanckenhorni.*
7. Calc. marneux à *Ostrea digitalina* et *O. Virleti.*
6. Calc. argileux et siliceux à *Heterostegina*, *Pecten Fraasi*, *P. Schweinfurthi*, *P. cristatocostatus*, *Dentalium* sp.
5. Marnes bleues.
4. Calc. gréseux jaunes à *Pecten geneffeensis*, *P.* (*Chlamys*) *bonifaciensis*, *P. cristatocostatus*, *Ficula geometrica*, débris variés d'*Échinides.*
3. Grès jaunes calcaires.

1. Les fossiles les plus communs se trouvent dans cette liste avec le nom de leur auteur, qu'on ne trouvera donc pas mentionné dans ce paragraphe. La mention n'en sera faite que pour les espèces les plus rares.

2. Calc. à *Ostrea digitalina*, *Chlamys submalvinæ*, *Pecten burdigalensis* var. *geneffeensis*, *P. Schweinfurthi*.
1. Calc. blancs très tendres à *Scutella Zitteli* (très abond.), *Pecten Schweinfurthi*, *Ostrea* sp., Balanes.

C'est le seul endroit, la base du Géneffé (O. Chébréouét), où la partie antérieure aux marnes ou aux grès soit bien développée. Ici, l'on trouve un échinide assez rare en Égypte, *Echinolampas pignatarii* Stefanini, forme commune de l'helvétien de Malte.

La partie médiane s'étendant du n° 5 au n° 12 de la série précédente, représentée par des marnes et des grès, est surtout développée au voisinage de l'Isthme de Suez. Les marnes sont très épaisses, elles émergent du sol sur 12 mètres de hauteur et se continuent en profondeur. Ce sont les marnes à *Carcharodon megalodon*. Les grès sont de plus en plus épais vers l'ouest, et leur importance s'accroît au détriment des marnes qui disparaissent à mi-chemin du Caire. Dans la partie intermédiaire, ils sont encore marins et contiennent *Lucina columbella*, *Scutella Zitteli*, *Sarsella tuberosa*. A leur partie supérieure abondent *Pecten Josslingi*, *P. geneffeensis* et des gastropodes. Au delà ils sont continentaux : ils contiennent en effet des tufs volcaniques encadrant des laves, et c'est au cours de leur formation que se sont épanchées les coulées basaltiques d'el-Hamra. Le même caractère continental du grès miocène se retrouve au Sinaï dans le O. Taïeb (v. § suivant).

O. Lebouâa. — La faune à gastropodes est bien développée dans cette petite vallée à 1 km. au nord d'Adgeroud avec :

Aturia aturi, *Lucina columbella*, *Pecten Kochi*, *P. Josslingi*, *P. geneffeensis*, *P. cristatocostatus*, *P. Blanckenhorni*, *P.* aff. *camaretensis*, *Pectunculus obovatus*, *Natica millepunctata* Lmk., *N. redempta* Michelot, *N.* cf. *helicina* Brocc., *Nassa* cf. *polygona* Brocc., *Murex* aff. *spinicostata* Bronn., *Oliva* cf. *clavula* Lmk., *Terebra pertusa* Bast., *T. acumentata* Bors., *T. fuscata* Brocc., *Ficula geometra* Bors., *F.* sp., *Mitra fusiformis* Brocc., *Turritella vermicularis* Brocc., *T. Archimedes* Lmk., *Cassidaria echinophora* Lmk., *Conus ponderosus* Brocc., *C. Mercati* Brocc., *Xenophora testigera*, *Xenophora Deshaysi* Mich.

Ajouter à ces différentes espèces les suivantes d'un gisement voisin situé 60 mètres à l'ouest :

Pectunculus pelosus LMK., *P. obovatus* LMK., *Cardium cf. decipiens* BAST., *C. multicostatum* BROCC., *Venus aglauræ*, *Pecten Josslingi*, *P. revolutus* MICHELOT, *Tapes vetula*, *Lucina globulosa* DESH., *Cassis crumena* LMK., *Murex brandaris* LIN., *Fusus* cf. *semirugosus* BELL. et MICHELOT, *F. virgineus* GRATEL., *Mitra fusiformis* BROCC., *Ancillaria glandiformis* LMK., *Solarium carrocalatus* LMK., *S.* sp. *Conus tarbelliarus* GRATEL., *Triton varians* MICH., *T. corrugatum* LMK., *Trochus* sp., *Buccinum* sp., *Pleurotoma ramusum* BAST., *Ranella* (*Aspa*) *marginata* BROCC., polypiers et balanes.

Géneffé. — La série ci-dessous représente le développement du miocène supérieur à partir des couches n°s 11 et 12 précédentes ; l'épaisseur est de 100 mètres environ, l'inclinaison 6° ouest (Cf. Barron [114]).

Sommet : 14.	Calcaire jaunâtre avec *Lithophyllia* sp. *Echinolampas Orlebari*, *Lithodomes* (abond.), *Cardita crassicostata*, *Chama* sp., *Venus gigas*, *Pholadomya Puschi* GOLDF.	12 m.
13.	Calc. à *Lithothamnium* (couches de dureté différente)..	16 m.
12.	Calc. blanc crayeux à *Echinolampas amplus*, *Ostrea Virleti*, *Gryphœa mediterranea*, *Chlamys submalvinæ* (Intercalation de calc. à *Lithothamnium* et *Pectens*)...	6 m.
11.	Calc. blanc à *Heterostegina* sp., *Echinolampas amplus*.	10 m.
10.	Calc. blanc à *Heterostegina*........................	10 m.
9.	Calc. blanc à *Heterostegina*, *Cellepora palmata*, *Cryptangia parasitica*, *Clypeaster acclivis*, *Chlamys submalvinæ*, *Macrochlamys* sp. nov., *Pecten Kochi*, *Spondylus crassicostatus*, *Ostrea Virleti*, *Cardium* sp., *Cytherea* sp., *Turritella terebralis*, *T. cathedralis*, *Ficula* sp..	6 m.
8.	Calcaire à *Heterostegina* sp........................	1 m. 50
7.	Marnes grisâtres salées...........................	9 m.
6.	Calcaire sableux................................	3 m.
5.	Banc de *Gryphœa mediterranea*.....................	3 m.
4.	Grès brun avec concrétions calcaires contenant *Brissopsis* sp..	5 m.
3.	Calcaire granuleux, jaunâtre avec *Pericosmus latus*, *Ostrea* sp., *Gryphœa mediterranea*, *Lithodomus* sp., *Cythereas* p., *Natica* sp.......................	7 m.

2. Calcaire sableux brun .... 5 m.

1. Calcaire grisâtre (sept bancs, épais environ d'un mètre), contenant : *Clypeaster acclivis*, *C. geneffeensis*, *Pliolampas Pioti*, *Pecten Ziziniæ*, *P. burdigalensis*, *P. Kochi*, *P. cristatocostatus*, *Chlamys submalvinae*, *Pectunculus* sp., *Cardita* sp., *Lucina* sp., *Tellina* sp., *Panopea intermedia*, *Diplodonta rotunda*; *Cardium paucicostatum*, et un grand nombre de moules internes de *Cardium Lucina*, etc., sp.; *Strombus*, *Conus* sp., *Teredo* .... 7 m.

Dans la partie méridionale de l'Isthme de Suez affleurent les marnes bleues salées et séléniteuses, émergeant de 10 mètres au-dessus du sol et se continuant en profondeur. Au sud, la partie inférieure va faire défaut et la série miocène commencera par des conglomérats, des grès ou des marnes; elle s'avance sur le golfe actuel de Suez jusqu'à 200 kilomètres vers le sud, atteignant la chaîne schisto-cristalline.

Rive asiatique du Golfe de Suez. ***G. Abou-Markha.*** — Cette montagne, située 30 kilomètres au sud-est de Suez, est entièrement formée de miocène sur une hauteur de 40 mètres. Elle s'étend en contre-bas du G. Raha et s'appuie contre lui. Un changement de faciès a lieu, les calcaires sont moins compacts et parmi eux apparaissent des bancs importants de calcaires coquilliers à petites formes de bivalves. Voici la série :

Sommet : 11. Calcaire blanc compact .... 10 m.

10. Marnes blanches .... 1 m. 50

9. Calcaire jaune à *Venus ovata* (identique à la couche 7)... 1 m.

8. Calcaire blanc granuleux .... 5 m.

7. Calcaire coquillier à *Venus ovata*, *V. marginata*, *Mesodesma cornea*, *Mactra triangula*, *Syndesmya apelina*... 1 m. 50

6. Calcaires avec larges espaces concrétionnés et moules internes de petites *Venus* .... 1 m. 50

5. Marnes blanches .... 2 m.

4. Calcaire blanc .... 4 m.

3. Calcaire jaune coquillier avec moules de *Venus ovata*, *V. marginata* .... 0 m. 80

2. Calcaire jaune, granuleux .... 3 m.

1. Marnes bleues salées, continuant en profondeur .... 2 m.

Cet ensemble, d'un développement inégal suivant les localités, est surmonté, près du rivage, par d'épaisses couches de gypse cristallisé en fer de lance, dont la situation est difficile à préciser, la partie supérieure étant profondément arasée.

Près de Tôr, en bordure de la plaine du Gâ, le miocène décrit par Barron [93] débute par des sables calcaires ou des conglomérats auxquels font suite les marnes bleues, puis les calcaires peu développés à *Ostrea Virleti*.

Rive africaine. — Les deux localités ci-dessous montrent également que le vindobonien est en transgression avec la partie supérieure des marnes bleues. On remarquera également un changement notable de faciès.

O. Haggou (S.-O. de l'Ataka). — La série suivante, inclinée de 8° au sud, repose en discordance sur les calcaires jaunes de l'éocène supérieur ; elle débute par les conglomérats et les calcaires transitoires d'un âge douteux :

9. Calcaire grossier à *Heterostegina* en grande abondance, *Ostrea, digitalina*, *Pecten* (débris), *Schizaster Legraini*, Polypiers..... 2 m.
8. Calcaire à *Heterostegina*, *Scutella Zitelli*...................... 3 m.
7. Calcaire très compact à *Ostrea crassissima*...................... 6 m.
6. Calcaire grossier blanc en lentilles de 0,60..................... 3 m.
5. Calcaire jaune avec moules de *Venus ovata*...................... 0 m. 80
4. Conglomérat à galets calcaires marneux contenant un banc de 0 m. 25 d'une brèche gréseuse avec fragments de : *Ostrea crassissima*, *O. digitalina*, *Pecten cristatocostatus*, *P. Blankenhorni*, *P. Josslingi*. 1 m.
3. Poudingue calcaire à *Ostrea* sp. et fragments d'*Echinolampas amplus*.
2. Conglomérat grossier avec blocs de calcaire éocène de 0, 50 m. de diamètre.. 2 m.
1. Calcaire blanc et marnes verdâtres succédant aux calcaires jaunes éocènes.. 4 m.

G. Zeit. — Hume [135], étudiant la région pétrolifère du G. Zeit, donne des coupes intéressantes qui, rapprochées des précédentes, montrent que la transgression débute en cet endroit par les marnes bleues salées ; voici une série résumant les sections qu'il relève :

7. Calcaire à *Laganum depressum*, *Pecten Vasseli*.
6. Calcaire à *Ostrea gingensis*, *O. Virleti*, *Tellina lacunosa*.

5. Calcaire dolomitique et calcaire fétide.
4. Gypse et argiles.
3. Série gypseuse épaisse de 300 m.
2. Calcaire à polypiers et bancs de *Pecten submalvinæ*.
1. Marnes à *Globigérines* et bancs à *Pericosmus latus*, *Aturia aturi*.

Le miocène se poursuit jusqu'à la latitude d'Abou-Char-el-Khibli (27° 30′), où se présente, au-dessus du petit massif schisto-cristallin du G. Aesch (fig. 30), une mince pellicule calcaire à *Pecten submalvinæ*, *Ostrea gingensis*, *Ostrea digitalina*, débutant par un conglomérat grossier de roches granitiques et schisteuses.

§ 2. — Divisions du Miocène.

Les données précédentes justifient la division du miocène en trois parties, confirmant les conclusions de Depéret et Fourtau [82].

On remarque, par l'étude du terrain, que les calcaires blancs gréseux et argileux de la base sont ceux où les scutelles sont le plus abondantes. Les tests en sont si nombreux, par place, que la roche en est pétrie (E. d'Adjeroud). C'est un équivalent du burdigalien. Le sommet, avec ses couches superposées de calcaire granuleux dans lesquelles abondent les échinides, les huîtres et les polypiers, représente le vindobonien. Il n'y a pas de distinction paléontologique absolue entre ces deux étages, car les scutelles se continuent en petit nombre dans le vindobonien tandis que les *Echinolampas*, *Clypeasters*, etc., apparaissent déjà au burdigalien ; on peut cependant affirmer que l'étage supérieur est caractérisé par ses bancs énormes d'*Ostrea* et ses polypiers dont il n'existe pas trace à la base, dans le burdigalien.

Les couches intermédiaires marneuses et gréseuses préparent le changement de faciès des deux étages précédents. Les marnes contiennent des dents de *Carcharodon* ; les grès ou les calcaires gréseux sont le plus souvent azoïques, mais au voisinage d'Adjeroud, il y apparaît à leur partie supérieure des bancs abondamment pourvus de scutelles ou de pectens. Leur limite supérieure, au contact du vindobonien est marquée par le banc de calcaire sableux jaune, à gastropodes, du O. Lebouâa, et une recrudescence de *Pecten Josslingi*, *P. geneffeensis*. C'est le seul niveau où apparaissent *Lucina columbella* et *Aturia aturi*. C'est l'équivalent du *Schlier*.

Les variations des lignes de rivage, décrites par la suite, et la présence du *schlier*, confirment cette division et prouvent que le *schlier* représente une transition entre les deux autres, qu'il n'est qu'un faciès et ne peut être considéré comme un étage. A mi-chemin du Caire, les grès sont continentaux ainsi que sur la rive sinaïtique du Golfe de Suez ; ils deviennent marins en approchant de l'Isthme de Suez pour laisser place ici aux marnes bleues ; ces deux formations sont donc synchroniques et c'est avec la partie supérieure des marnes que débute la transgression soit sur les grès continentaux, soit sur les massifs calcaires ou cristallins dénudés ; le *schlier* correspond aux couches 3 à 12 du G. Garra.

Voici en résumé les caractères de ces divisions :

VINDOBONIEN 2e étage méditerranéen.	Calcaire crayeux blanc jaunâtre, compact.	Pectens : toutes les espèces précédentes sauf *P. bonifaciensis* ; Polypiers (apparition) ; Abondances d'échinides ; apparition de *Pliolampas Pioti* ; Grand développement des *Ostrea* et des balanes ; apparition de *Gryphœa mediterranea*.
Schlier	Calcaire gréseux	Abondance des gastropodes, de *Pecten Josslingi*, *P. geneffeensis*, *Sarsella tuberosa*, *Aturia aturi*, *Lucina columbella* ;
	Grès ou marnes bleues salées, synchroniques.	
BURDIGALIEN 1er étage méditerranéen.	Calcaire argileux.	Abondance de scutelles, rares Pectens : *P. bonifaciensis* ; *Echinolampas pignatarii*.

Voici la liste des fossiles miocènes les plus répandus, que j'ai recueillis dans les terrains situés à l'est de l'Isthme de Suez : *cf.* listes publiées par Fuchs [42] et Fischer *in* Laurent [27] et Vassel [59].

Débris d'ossements indéterminables.

Dents de *Carcharodon megalodon* et autres dents indéterminables.

Aturia aturi Bast.

Ostrea Virleti DESH., *O. crassissima* LMK., *O. digitalina* EICHW. et la même, var. *Rohlfsi* FUCHS, *O. gingensis*, var. *setensis* BLANCK.
Gryphœa mediterranea (très abondante).
Teredo mediterranea BLANCK., *Teredinopsis problematica* FUCHS.
Pecten cristatocostatus SACCO, *P. geneffeensis* FUCHS, *P. burdigalensis* LMK., *P. cristatus* BRONN., *P. Josslingi* SOW., *P. Kochi* LOC., *P. Schweinfurthi* BLANCK., *P. Ziziniæ* BLANCK., *P. concavus* BLANCK., *P. Zitteli* FUCHS, *P. Bonifaciensis* LOC., *P. gloriamaris*, var. *longævis* SAC., *P. camaretensis* FONT., *Chlamys submalvilnæ* BLANCK., *C.* aff. *Tournali*, M. DE SER.
Spondylus crassicostatus LMK.
Pectunculus obovatus LMK.
Cytherea (*Callista*) *pedemontana* BRONN., *C. erycina* LIN.
Lucinata ornata AG., *L. columbella* LMK.
Cardium Michelotti DESH., *C. multicostatum* BROCC., *C. paucicostatum* SOW.
Venus islandicoides LMK., *V. multilamellata* LMK., *V. scalaris* BRONG., *V. gigas* LMK.
Tapes vetula BAST.
Tellina planata LMK., *T. lacunosa* CHEMN., *T. nitida* POL.
Mactra corallina LMK.
Corbula revoluta BAST.
Cardita pinnulata BAST.
Avicula hirondo var. *phalenacœ* LMK.
Natica millepunctata LMK.
Moules internes de : *Mytilus*, *Cardium*, *Chama*, *Pectunculus*, *Venus*, *Cardita*, *Tellina*, *Tapes*, *Cardia*, *Corbula*, *Cancellaria*, *Modiola*, *Lucina* (abondants à la base du vindobonien).
Pleurotoma trochlearis HÖRN.
Nassa aff. *polygona* BROCC.
Corbula revoluta BROCC.
Trochus (*Cantrainea*) *tauromiocenicus* SACCO.
Scalaria ammonia PHIEL.
Murex spinicostata BRONN.
Oliva cf. *clavula* LMK.
Terebra pertusa BAST.
Turritella vermicularis BROCC., *T. terebralis* LMK., *T. cathedralis* BRONG.
Cassidaria echinophora LMK.
Conus ponderosus BROCC., *C. mercati* BROCC.
Strombus sp., *Trochus* sp.
Echinolampas amplus FUCHS, *E. Orlebari* GAUTH., *E. pignatarii* (AIRAGHI) STEF., *E. plagiosomus* AG.

Cidaris avenionensis DESM.
Leiocidaris Sismondai MAY.
Schizaster Parkinsoni GAUTH., *S. Legraini* GAUTH.
Psammechinus dubius AG., *P. Fuchsi* GAUTH.
Pericosmus latus AG.
Pliolampas Pioti GAUTH.
Brissopsis aff. *Fraasi* FUCHS, *B.* nov. sp.
Marriania marmorea AIRAGHI.
Sarsella tuberosa FRAAS.
Spatangus aff. *pustulosus* WRIGHT.
Trachyspatangus aff. *Peroni* COTT.
Clypeaster geneffeensis BLANCK.. *C. acclivia* POM., *C. isthmicus* FUCHS.
Scutella Zitelli FUCHS, *S. Deflersi* GAUTH.
Echinolampas sp., *Brissoma* sp. nov., *Cidaris* sp., *Tripneustes* sp., *Euspatangus* sp.
Orbicella microcalix FELIX, *O. Humphreysi* FEL., *O. Guettardi* FEL., *O. Defrancei* FEL., *O. Schweinfurthi* FEL.
Solenastrea turonensis MICH.
Cellepora polytheles var. *subglobosa* FUCHS., *C. palmata* FEL.
Holoporella polytheles REUSS.
Goniastrea halicora.
Balanus (grande abondance), 3 espèces distinctes dont *B.* cf *pictus* LMK., et *B.* cf. *porcatus* BRUGUIERE.
Lithothamniées.

§ 3. — **Basaltes méditerranéens.**

Les fossiles disparaissent du schlier gréseux vers l'ouest. La roche se développe en plusieurs bancs donnant une épaisseur de 15 mètres environ, et des coulées de basaltes s'y intercalent, non loin du sommet. La présence des sables éoliens récents qui masquent le contact de ces roches empêche, le plus souvent, de bien juger la situation exacte des coulées.

Ces basaltes sont en place au nord de la station de l'ancienne route de Suez, qui porte dans les cartes récentes le n° 9, et appelée El-Hamra.

En cet endroit le miocène est ondulé en une sorte de bombement qui plonge de 5° au N.-E., puis au N. N.-O. au fur et à mesure que l'on se dirige vers l'ouest. Le basalte, dont la coulée atteint 8 mètres d'épaisseur, en épouse les inclinaisons variées ; il en reste deux lambeaux voisins que l'on peut suivre

sur une distance de 500 mètres. Ce ne peut être une roche intrusive dans le miocène, car elle surmonte une couche épaisse de tufs dont la présence implique incontestablement l'existence d'un épanchement continental, et les calcaires qui l'encadrent sont, stratigraphiquement, des formations extrêmes limitant une oscillation allant du burdigalien au vindobonien.

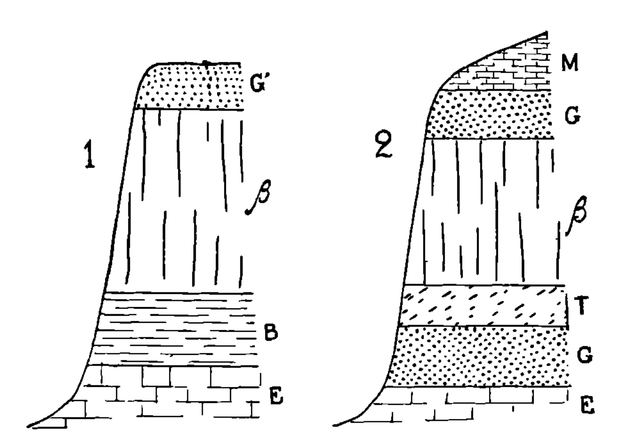


Fig. 17. — 1. Coupe du G. Daher ; le basalte est surmonté de grès rouge, ferrugineux, du G. Ahmar, G' ; 2, G. Hamra (entre le Caire et Suez). E, éocène ; B, burdigalien ; M, vindobonien ; G, grès rose équivalent du *schlier* ; β, basalte ; T, tuf basaltique.

Le O. Taïeb (Sinaï Occidental) donne également une coupe intéressante permettant d'établir l'âge du basalte. Celui-ci, comme précédemment, est représenté par une coulée reposant sur les grès qu'elle métamorphise ; elle est recouverte par un tuf brun rouge prouvant comme précédemment l'effusion de cette roche sur une aire continentale.

Voici d'après Blanckenhorn [94] comment se présente cette coulée :

Sommet :	9.	Grès friable verdâtre avec marne et gypse	15 m.
	8.	Conglomérats avec petits fragments de silex noir et nummulites roulées (alternant avec des grès gypseux) à *Ostrea* et différents pectens dont *P. cristatocostatus*.	20 m.
	7.	Marnes friables avec taches manganésifères	0 m. 60
	6.	Grès marneux bariolés	0 m. 50
	5.	Conglomérat grossier	0 m. 50
	4.	*Basaltes surmontés de tuf*	10 m.
	3.	Grès noirâtres métamorphisés au contact du basalte...	1 m. 20

2. Grès gris.. 0 m. 50
1. Brèches formées de fragments de Nummulites....... 1 m.
Éocène à *Nummulites* cf. *variolaria.*

Ces deux observations prouvent que les épanchements basaltiques ont eu lieu dans les grès continentaux synchroniques du *schlier.* Ceci d'ailleurs concorde avec les remarques de Blanckenhorn à ce sujet, mais interprétées différemment. Cet auteur signale ces basaltes dans les sables qu'il appelle *étage de Mogara*, précédant la transgression miocène, et note que l'helvétien repose en discordance sur les sables et les basaltes qu'ils contiennent (voir ch. VII.).

Les coulées sont réparties sur la bordure du miocène, mais toujours localisés, pour la plupart, près du rivage vindobonien, même le long du golfe qui s'ouvrait à ce moment-là sur l'emplacement actuel du golfe de Suez.

Barron [118] a décrit en détail ceux qui se trouvent entre le Caire et Suez. Il en a apparenté l'origine à la formation des grès rouges, et pénétré de

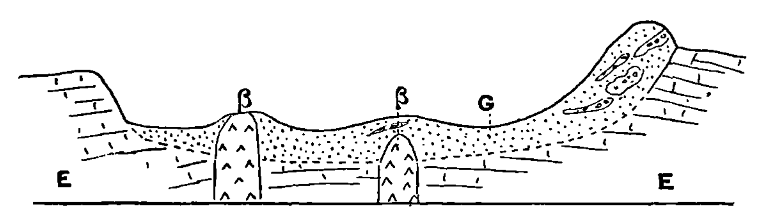


Fig. 18. — O. Khéchén : filons de basalte traversant l'éocène et recouverts de grès rouge du G. Ahmar.

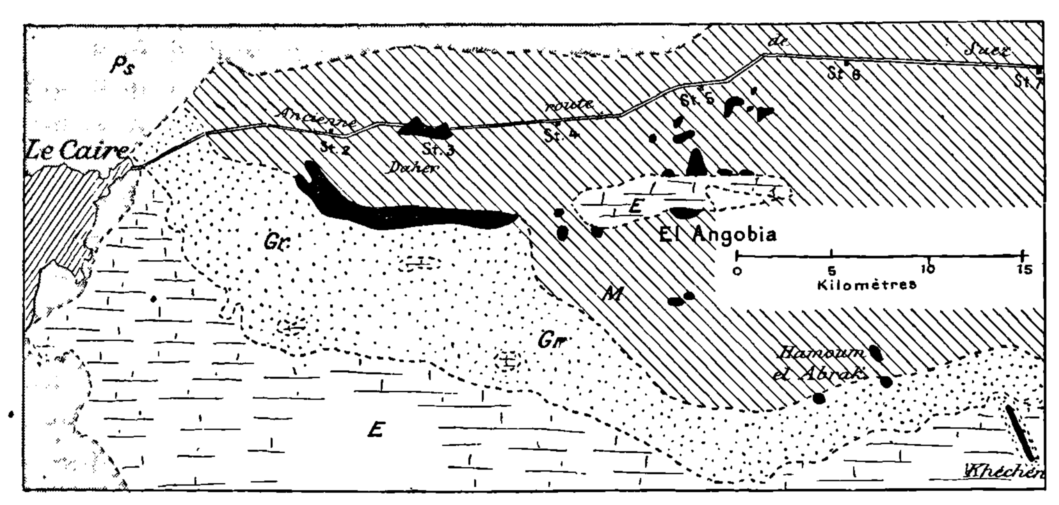
l'idée que ceux-ci étaient oligocènes, il partage les conclusions auxquelles Blanckenhorn [90, 99] est conduit par ses études du Fayoum, et qui lui font attribuer cet âge aux éruptions basaltiques.

Cependant ce dernier, par une discussion serrée mais insuffisamment documentée, pressent leur âge miocène inférieur dans la région Caire-Suez, qui, malheureusement, lui était insuffisamment connue, et Barron a plutôt embrouillé cette question déjà fort obscure en persistant à attribuer la cimentation des grès rouges à des émissions siliceuses contemporaines des épanchements basaltiques, alors que l'étude détaillée de la région ci-dessus eût dû l'écarter des spéculations de Blanckenhorn. Enfin, l'observation d'Orle-

bar [8] relative à la superposition de ces coulées aux formations à *scutelles* est suffisamment précise pour mériter quelque attention.

Relation des basaltes et des roches sédimentaires. — Les basaltes étant continentaux, d'après ce qui suit, on doit les retrouver en dehors du *schlier* marneux. Ils sont donc susceptibles d'apparaître au milieu de toutes les formations, antérieures au vindobonien.

Abou Zâabel, El-Angobia. — Le filon d'Abou-Zââbel est noyé dans les sables, les coulées de Daher surmontent le burdigalien et sont recouvertes de débris de grès rouge ou de poudingues rouges désagrégés. Les lambeaux de coulées d'El-Angobia sont répartis sur le burdigalien, ainsi que les fragments de coulées prismatiques du G. Hamoun-El-Abrak.



Carte 3. — Répartition des coulées basaltiques du *schlier*, à l'est du Caire. E, éocène ; M, miocène ; Gr, grès et poudingues rouges ; Ps, sables et alluvions récents. Pour la clarté de la carte, les grès rouges du nord sont omis. Voir leur répartition : carte 3 *bis*, p. 98.

G. Abou-Khéchen. — Le G. Khéchen est un *neck* recouvert de grès rouge et traversant le moquattam inférieur. Au sud, deux filons parallèles, de direction N-S., montrent des affleurements où la roche très altérée est recouverte de grès rouge contenant des amygdales de poudingue rouge (fig. 18).

G. Oum-Thiboua. — Sur le flanc du G. Oum-Thiboua apparaît un *neck* traversant l'éocène ; il est incliné vers le nord et sa section lui donne l'aspect d'une bosse.

G. Gafeisad. — Le G. Gafeisad, que je n'ai pu voir moi-même repose, d'après la description de Barron [106], sur les grès continentaux miocènes. En tous cas, si ce gisement est un *neck*, comme le pense Barron, il traverse la série des grès et des marnes comprise entre le premier et le deuxième étage méditerranéen. Le basalte de ce gisement, comme celui du Khéchén, est recouvert de poudingues rouges.

G. Raha. — Dans le Kahlieh, à 35 kilomètres l'est de Suez, un filon très court, épais d'une dizaine de mètres, et orienté N. 10° E., traverse les affleurements turoniens (v. carte hors texte).

G. Ataka. — Un autre filon visible à la pointe orientale du G. Ataka traverse l'ensemble cénomanien et *moquattam inférieur*, dans la direction N. 15° O.

G. Galala. — Un filon s'élève à Abou-Daraga sur toute l'épaisseur de la montagne, mais je n'ai pu le suivre qu'à travers les grès de la base. Sa direction est N. 30° O. Au N.-O. de cette localité, la carte du *Survey Dep*t mentionne dans le O. Naouk un gisement important découvert par Schweinfurth [51] à la limite topographique du *moquattam supérieur* et du *moquattam inférieur*.

CHAPITRE VII

PLIOCÈNE-PLÉISTOCÈNE

Les formations postérieures au miocène ne peuvent être écartées de cette étude, en raison des relations couramment admises entre les grès constituant la principale d'entre elles et les basaltes méditerranéens. Elles avaient acquis, de ce fait, pour l'histoire des éruptions méditerranéennes une importance injustifiée qu'il convient de détruire en recherchant l'âge, l'origine et la genèse de ces grès.

Les formations reposant sur le miocène se ramènent à quatre :

1° Grès et poudingues ferrugineux rouges.
2° Formation fluvio-marine inférieure.
3° Formation marine.
4° Formations fluvio-marines supérieures.

§ 1. — Grès et poudingues rouges du G. Ahmar.

Le grès rouge ferrugineux a été décrit pour la première fois par de Rozière [1] au cours de son étude du G. Ahmar. C'est un grès de couleur sombre, très dur, très compact, donnant une cassure nette et conchoïdale et des éclats à bords tranchants. Il est comparable au grès de Nubie, en ce qu'il est formé de sable grossier et de grains de cornaline roulés mais intimement reliés par un ciment silico-ferrugineux. Il contient des lentilles de poudingue inégalement réparties dans sa masse, formées de cailloux de quartz et surtout de silex. Ceux-ci, par la désagrégation de la roche, se répandent sur le sol; ils cachent généralement, jusqu'à une grande distance, le substratum calcaire et à plus forte raison le contact des deux roches, donnant, entre le Caire et Suez, les *hamadats* ou surfaces désertiques recouvertes de silex zoné connu sous le nom de caillou d'Égypte ou du désert.

Orlebar a signalé ces grès postérieurs au miocène. Ils étaient considérés

comme tels, ou tout au plus miocène supérieur par Zittel [41], jusqu'aux études détaillées de Mayer-Eymar [65], Blanckenhorn [99], Barron [113]. Fourtau [67] a repris les conclusions des premiers, en les développant.

En plusieurs endroits ces grès surmontent les basaltes ; leur ciment siliceux, et les troncs silicifiés avoisinant incitent les auteurs précédents à voir en eux un grès cimenté par des sources thermales silico-ferrugineuses (geysers); et comme ils sont parfois disposés en gisements allongés et resserrés entre deux bordures calcaires voisines, Barron voit dans cette disposition des fissures remplies et consolidées sur place, laissant une sorte de *dyke* siliceux tandis que les lambeaux épars dans le désert représentent les *cônes* de ces geysers. Or ceux-ci, dans l'esprit de cet auteur, ne sauraient exister sans la présence de volcans à leur voisinage : aussi l'épanchement des basaltes doit donc être considéré comme antérieur à la formation de ces grès.

J'ai montré antérieurement que la situation précise des basaltes était au milieu des grès synchroniques du *schlier*. Ces grès, étant continentaux, se sont déposés indifféremment sur tous les terrains émergés au moment de leur dépôt, c'est-à-dire au sud du rivage vindobonien. Puis, tout cet ensemble jusqu'à une certaine distance est recouvert par le vindobonien en transgression vers le sud, de sorte que Fraas, Mayer-Eymar et Blanckenhorn, étudiant ces formations au delà des limites du rivage burdigalien, ont pu dresser des sections montrant le passage, sans transition, de l'éocène au grès, au basalte et au vindobonien.

Voici, succinctement, la section relevée par Blanckenhorn au Fayoum :

Sommet :	9.	Sable et grès grossier avec blocs à empreintes de *Lucina* cf. *pharaoni*	1 m.
	8.	Grès avec bois fossile (?)	0 m. 35
	7.	*Basalte*	1 m.
	6.	Tuf gris ou violet	0 m. 70
	5.	Sable marneux jaunâtre	0 m. 45
	4.	Sable avec nodules gréseux	5 m.
	3.	Grès cendré, argile, sable	16 m.
	2.	Argiles ferrugineuses	1 m.
	1.	Grès argileux et gypse	1 m.

La conclusion qui paraît s'imposer, d'après ce qui précède, est que le grès

et le basalte sont oligocènes, ce qui explique la présence de fossiles éocènes dans ces silex roulés. Telle est la création de l'oligocène marin en Égypte. Cette formation étant ainsi définie par la stratigraphie aidée de l'interprétation erronée de faits précis, les fossiles marins éocènes qu'elle contient et qui appartiennent au bartonien-ludien supérieur lui sont naturellement attribués. La conviction de son existence est telle, que Mayer-Eymar [65], qui en est le créateur, ayant vu tout d'abord dans un gastropode recueilli au milieu des sables une forme d'eau douce, se rétracta pour y substituer ensuite une forme marine.

Gisements. — L'examen des gisements dément ces interprétations. Barron a décrit presque tous ceux qui s'étalent entre le Caire et Suez et a mentionné leurs noms. La plupart, ai-je dit, sont des lambeaux isolés dont le pied est noyé dans les cailloux résultant de leur désagrégation. Mais ils sont tous répartis sur le miocène, à l'exception de deux ou trois d'entre eux surmontant le basalte. A Dar-el-Beida, les poudingues rouges couronnent visiblement le vindobonien.

Kabrét. — Un gisement constitué par deux petits cônes jumeaux de grès rouge, situés à l'intersection des routes anciennes, dans l'angle rentrant des lacs Amers, surmonte nettement le burdigalien redressé, prouvant en outre qu'au moment de sa formation l'érosion avait enlevé la couche vindobonienne en cet endroit, et que le miocène était déjà bouleversé soit par des plissements, soit par des failles lui imprimant des inclinaisons notables.

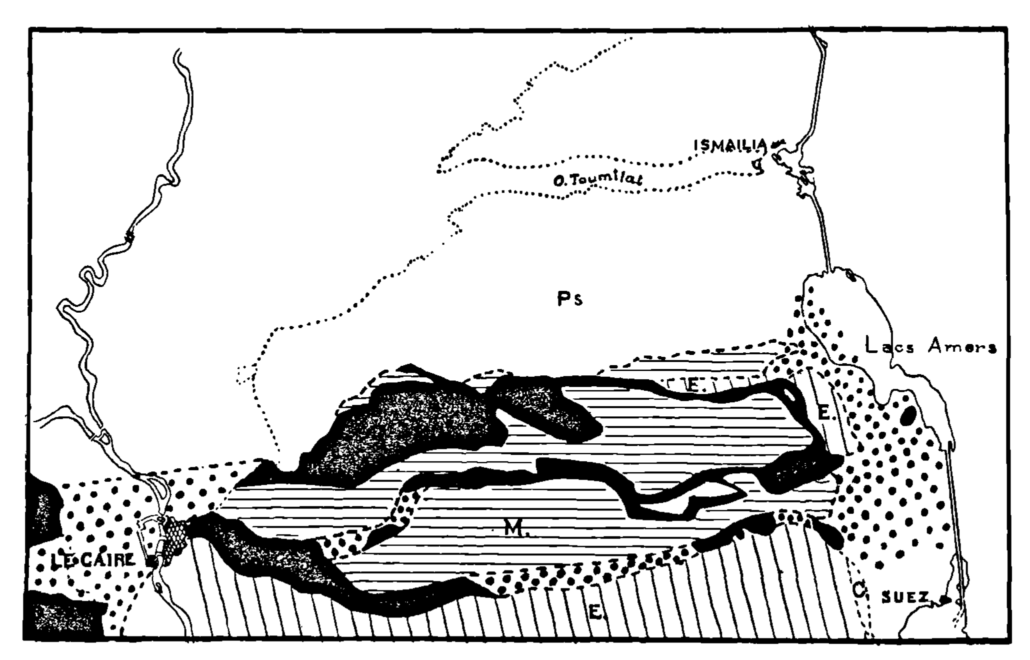
Deux autres gisements méritent une attention spéciale :

O. Khéchén (fig. 18). — Ici, le grès, parsemé d'amas de poudingues, comble une vallée aux flancs escarpés et creusée dans le *moquattam supérieur*. Il est facile de suivre la ligne de contact, car, en maints endroits, le fond est mis à découvert. Le gisement s'allonge ; il constitue un *boyau* venant du sud et diminuant de largeur en pénétrant dans la montagne. Je ne l'ai suivi que sur une longueur de 800 mètres environ.

G. Aouébéd. — Au pied sud du G. Abouébéd une vallée semblable

dirigée N. 60° O, et aussi comblée par les grès, peut être suivie sur plusieurs centaines de mètres. Elle est moins importante que la précédente ; sa section (fig. 19) est également nette et accuse une largeur de 6 mètres et une hauteur de 4 mètres. Au fond, sont déposés des grès friables ocracés, ils sont surmontés de grès et de poudingues compacts.

En réunissant tous les gisements, on constate que les *hamadats* et les lambeaux de grès ou de poudingue qui leur donnent naissance, se divisent, à partir du Caire, en trois branches allongées à l'est. (Carte 3 *bis.*)



Carte 3 bis. — Disposition des grès et poudingues rouges entre le Caire et Suez (en noir), et leur raccord avec le cône de déblais libyque. (V. carte 3, page 93.) Les solutions de continuité sont en gros pointillé.

L'une d'elles suit la crête constituant la bordure extrême du miocène au nord ; la deuxième, médiane, côtoie sensiblement l'ancienne route de Suez et se divise pour contourner le G. Aboućbéd. Enfin la troisième s'applique au pied de l'éocène, dans le fond produit par la faille méditerranéenne Moquattam-Ataka.

C'est dans ces trois secteurs que sont répandus les bois fossiles silicifiés. Ils sont toujours postérieurs aux grès et répartis sur le sol au milieu des

hamadats. Dix-huit kilomètres à l'est du Caire, ils sont rassemblés et couvrent un espace de 4 kilomètres de long sur 2 kilomètres de large, connu sous le nom de *forêt pétrifiée.* Schweinfurth [43] s'élève contre cette dénomination et, dans les conclusions auxquelles le conduisent ses observations, fait remarquer notamment que les troncs silicifiés, dont quelques-uns atteignent vingt-deux mètres de long, sont horizontaux, que rien ne les fait supposer *in situ*, qu'ils n'ont ni écorce, ni branches, ni racines. Ce serait donc des bois flottés antérieurement à leur silicification, ce que confirme leurs directions parallèles dans le sens S.-E. Zittel [41] a déjà suggéré une pareille origine aux bois silicifiés répandus dans le désert de Libye.

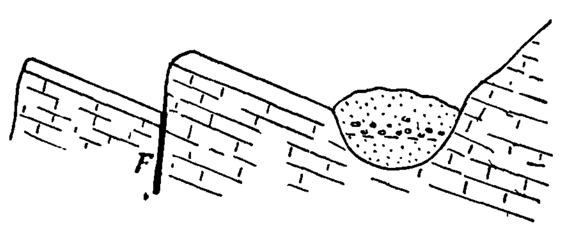


Fig. 19. — Section d'une vallée comblée par les grès rouges ferrugineux (pied du G. Aouébéd).

Origines des grès rouges. — La répartition des grès et des poudingues rouges, donnée par la carte de Zittel et celle du *Survey Dep*[t], en Libye, prend d'une manière incontestable la forme d'un immense cône de déblais (fig. 29, 31), large de 600 kilomètres, ayant 250 kilomètres de flèche. L'estuaire se rattache à la vallée du Nil qu'il continue en direction, par plusieurs lambeaux échelonnés jusqu'au plateau voisin de Manfalout. A son extrémité est, ce cône est intercepté par le Delta, mais il s'étend dans le désert du Caire pour se terminer aux lacs Amers. Les trois rubans de *hamadats* représentent autant de branches de cet ancien fleuve, ou des lits ensablés, successivement abandonnés, et le O. Toumilat est un témoin actuel de cette ancienne disposition. Le régime du fleuve était alors celui d'une jeune vallée entraînant les silex de l'éocène ou les sables provenant des grès de Nubie traversés par son lit, ainsi que les palmiers dont Schenck donne la liste (*in* Zittel [41]). La présence au milieu d'eux d'*Araucaryoxilon*, forme originaire du Westphalien, trouvée par Schweinfurth [54] dans le O. Arrabba, prouve que cette espèce s'est perpétuée depuis le carbonifère, ce que l'on

observe également pour le *Nelumbium* dont l'origine remonte au cénomanien ou à l'aturien [122].

Les grès rouges suivent les mouvements du miocène et comme lui subissent des dénivellations variées. Ils atteignent 320 mètres d'altitude dans le G. Garra et s'abaissent, près des lacs Amers, à 5 mètres d'altitude. Ils subissent les effets des failles érythréennes, leur formation se place donc au delà du vindobonien, et vraisemblablement très près de l'étage érythréen.

§ 2. — Sables littoraux fluvio-marins inférieurs.

C'est dans l'Isthme de Suez que ces dernières formations sont le mieux apparentes ; elles sont constituées par des sables gris ou jaunes, gypseux, très développés au nord d'Ismaïlia où ils atteignent dix-neuf mètres d'épaisseur. Ils s'amincissent au sud, comme le montrent les relevés contemporains du percement du Canal Maritime, et s'éteignent à Challouf. Voici leur faune ; elle révèle par son mélange d'espèces d'eau douce et marines une formation littorale préparant l'apparition des calcaires d'Ismaïlia :

El-Gisr. — Seuil de 15 mètres d'altitude constitué par une couche sableuse épaisse de 19 mètres. On y recueille :

Melania (*Melanoides*) *tuberculata* Müller, *Bithynies*, *Planorbes*, un fossile saumâtre : *Cerithium* aff. *conicum* Blainv.

Fraas y signale un crâne de *Phacochœrus*.

Toussoum. — Sables situés à 9 mètres d'altitude, au S.-E. du plateau, contenant :

Mactra olorina Phil., *Cardium edule* Lin., *Cerithium conicum* Blainv., *C. scabridum* Phil., *Melania tuberculata* Müller, *Bullinus* (*Isidora*) *contortus* Michaud.

Sérapéum. — Les espèces suivantes sont répandues à la surface du sol :

Ætheria elliptica Lmk. var. *semilunata* [1] Lmk., *Spatha rubens* Lmk., *Unio*, *Corbicula* sp., *Cleopatra bulimoides* Olivier.

1. Vaillant [17] et Issel (*Malacologia del Mar Rosso*) ont recueilli à Challouf l'*Ætheria Cailliaudi* Férus.

O. Toumilat. — Le niveau de la faune ci-dessous est douteux et paraît plutôt devoir être attribué aux sables supérieurs :

> *Ætheria elliptica* LMK. var. *semilunata* LMK., *Spatha rubens* LMK., *Vivipara unicolor* OLIVIER, *Cleopatra bulimoides* OLIV., *Bullinus* (*Isidora*) *contortus* MICHAUD, *Corbicula* sp.

§ 3. — Formations marines.

Les calcaires postérieurs aux sables précédents apparaissent à Ismaïlia, entourent le lac Timsah d'un arc ouvert à l'ouest, s'étendent jusqu'à Kabrét où ils butent contre le plateau miocène. A l'ouest, on n'en trouve pas trace ; à l'est, les calcaires d'Ismaïlia affleurent dans les dunes du niveau de Kabrét jusqu'à 20 kilomètres du rivage de Péluse, où leur présence est le plus souvent révélée par de menus fragments calcaires, patinés en rose, répandus à la surface des sables. Au sud, on ne le retrouve plus; mais, au nord de Suez, et jusqu'au pied de l'Ataka, s'étendent des calcaires coquilliers du même niveau, passant latéralement à l'ouest à des conglomérats ou des sables grossiers très fossilifères. Les faciès, on le voit, sont très variés.

Ismaïlia. — Le calcaire d'Ismaïlia est gréseux ; il s'amincit en biseau en transgressant sur les sables d'El-Gisr, se délite en plaquettes séparées par de minces lits de gypse cristallisé. Il est azoïque et devient moins gypseux et plus sableux au sud, où il constitue le Plateau des Hyènes.

A partir de Toussoum, il contient un grand nombre de cavités se touchant presque, représentant des moules externes de *Mactra olorina* PHILL. accompagnés des fossiles suivants que l'on trouve au Sérapéum.

Sérapéum. — *Circe pectinata* LIN., *Mitylus variabilis* KRAUSS, *Cerithium conicum* BLAINV., balanes et serpules. De la partie supérieure, entre la station maritime et le canal d'eau douce se détachent des *Laganum depressum* LESK. var. *sinaiticum* FRAAS, forme actuelle de l'Océan Indien.

Kabrét. — Le plateau miocène élevé de 12 mètres s'abaisse vers l'ouest à 8 mètres ; un canal d'irrigation creusé en cet endroit, a mis à jour ce banc de calcaire gréseux épais de 0 m. 60 contenant : *Mactra olorina*, *Cardium edule* (?) et *Corbicula* sp.

Sept kilomètres au nord, ce calcaire, exempt de silice, disposé en lits très minces constitue un banc horizontal de 4 mètres reposant en discordance sur le burdigalien redressé et plongeant de 15° au N.-O.

Cinq kilomètres à l'est, Fuchs l'a signalé, surmontant les marnes bleues; on y recueille la faune suivante :

Murex anguliferus Lmk., *Fusus marmoratus* Phil., *Cerithium conicum* Blainv., *C. scabridum* Phil., *Mactra olorina* Phil., *Circe pectinata* Lin., *C. arabica* Chemn., *Arca retusa* Lmk., *Anomalocardia Ehrenbergi* Dunk., *Pecten isthmicus* Fuchs., *Ostrea pseudocrassissima* Fuchs, *O. Forskaali* Chemn.

Suez. — Un sondage à fleur de sol, en vue de rechercher des carrières, exécuté près de la voie ferrée, à la sortie de la ville, a donné un calcaire coquillier émergeant sur 2 mètres environ, et contenant :

Cypræa, sp., *Fusus* sp., *Circe pectinata* Lin., *Chama* sp. : *Arca retusa* Chemn., *Pecten lividus* Lmk., *P. Lessepsi* Fuchs., *Spondylus* sp., *Ostrea Forskaali* Chemn.

Ces calcaires sont surmontés d'un sable noirâtre très fin.

O. Seyal. — Le lit de cette vallée qui s'étend au pied de l'Ataka, 7 kilomètres à l'ouest de Suez, ravine un conglomérat surmonté de sables grossiers, avec une faune riche en formes roulées parmi lesquelles il est facile de reconnaître :

Oliva aff. inflata Lmk., *Strombus tricornis* Lmk., *Murex anguliferus* Lmk., *Fusus* sp., *Pyrula* sp., *Cerithium tuberosum* Fabr., *C. conicum* Blainv., *C. scabridum*, un grand nombre de *Trochus* et de *Turbos*, *Neritas* et *Fissurellas*, *Cardiums*, dont *C. edule*, *Pectunculus*, *Arca*, *Tridacna*, débris de *Pectens* et *Spondylus*, *Ostrea Forskaali* (cf. Vassel [59], p. 41).

Le canal maritime traverse un banc de calcaire jaune à *Ostrea cucullata* Born., et enfin, sur toute la surface du désert, sont répandus, jusqu'à Challouf, des *Cardium edule*, des *Murex* et *Strombus*, autant de formes actuelles qui ont pu être jetées là par les pêcheurs ou les pèlerins dont la route est voisine. La forme éteinte de *Pecten Vasseli* Fuchs se rencontre jusqu'au pied du Géneffé, à la surface du sol.

§ 4. — Sables fluvio-marins supérieurs.

Kabrét. — La surface du plateau, au sud de la station maritime, élevée de 3 à 4 mètres au-dessus des calcaires gréseux d'Ismaïlia voisins, est marquée de *ripple-marks* : elle est recouverte de bancs d'*Ostrea pseudo-crassissima* Fuchs et le long de l'ancien canal d'eau douce le creusement de a tranchée a rejeté un sable noirâtre contenant :

> *Teredinopsis problematica* Fuchs (abond.), *Cytherea* cf. *florida*, *Circe pectinata* Lin., *Cardium edule* Lin., *Corbicula* sp., *Nerita*, *Spatha rubens* Lmk., *Unio* sp., *Ætheria elliptica* Lmk., *Ætheria elliptica*, var. *semilunata* Lmk., *Tridacna* sp., *Pecten isthmicus* Fuchs., *P. Vasseli* Fuchs et un grand nombre de *Melania tuberculata* Müller.

Challouf. — Dans les sables étalés sur le flanc nord de Challouf, Laurent [27] a trouvé une faune importante de vertébrés :

> *Hippopotamus amphibius* Lin., un bovidé de grande taille, une antilope, *Crocodilus* sp., *Emys* sp., trois espèces de *Silurus*.

Priem [1] a déterminé les poissons de cette formation qui vivent dans le Nil actuel, et les a attribués aux genres *Bagrus*, *Clarias*, *Heterobranchus* analogues aussi à des formes actuelles du lac Tchad.

CONCLUSION

SITUATION IMPRÉCISE DES GRÈS ROUGES DANS LA SÉRIE PLIO-PLÉISTOCÈNE ; ÉTAGE ÉRYTHRÉEN

Les grès étant localisés dans un espace inoccupé par les autres formations, et n'ayant par conséquent aucun contact avec elles, il devient impossible d'en préciser la situation. Les *hamadats* elles-mêmes formées postérieurement aux soulèvements miocènes, s'étalent suivant la pente du terrain, et convergent donc vers la trouée de Suez, entre l'Ataka et le Géneffé prenant

1. *B.S.G.F.*, 1912, p. 187, et *Mém. S.G.F.*, XXI, 1914, fasc. 3.

une direction opposée à l'emplacement des sables à *Meliana* et des calcaires d'Ismaïlia, de sorte qu'on ne voit de silex roulés ou de bois silicifiés ni parmi ces dernières formations, ni au-dessus d'elles. Comme on ne peut rattacher les failles du Géneffé qu'aux effondrements érythréens, et que les grès leur sont antérieurs, on en conclut qu'ils seraient antérieurs aussi aux sables fluvio-marins de la base.

Mais le résultat le plus appréciable de cette étude est de montrer l'existence d'un *étage érythréen* postérieur au 2e étage méditerranéen, en discordance sur celui-ci, et caractérisé par la faune marine précédente, dont quelques espèces sont encore vivantes comme *Laganum depressum*, d'autres éteintes comme *Pecten isthmicus* et *P. Vasseli.* Cet étage se retrouve dans le district pétrolifère où sa discordance sur le vindobonien semble moins apparente, car Hume [135] qui a signalé pour la première fois les fossiles ci-dessus dans ces régions-là ne mentionne pas de transgression.

En tous cas ces formations à *Laganum depressum* sont indépendantes des plages soulevées actuelles étudiées par Walter [55], Félix [106], Barron et Hume [97, 113], aussi peut-on établir la succession suivante :

	Formations marines.	*Formations fluvio-marines.*
ÉRYTHRÉEN.	2. Plages soulevées actuelles.	2. Sables à *Ætheria*, *Teredinopsis*, *Cardium edule* et *Pecten Vasseli.*
	1. Calcaires d'Ismaïlia et de Suez à *Laganum depressum*, var. *Sinaïticum*, *Pecten Vasseli*, *Pecten isthmicus*, etc.	1. Sables d'El-Gisr à *Melania tuberculata* et *Cerithium conicum.*

CHAPITRE VIII

TECTONIQUE

§ 1. — Plissements.

Paléozoïque. — Aucun plissement à court rayon n'est apparent dans l'ensemble de ces formations ; j'ai déjà fait remarquer que les diaclases qui se multiplient en tous sens ou la compacité des roches métamorphisées par le granite empêchent d'en distinguer l'inclinaison, mais à en juger par les repères que donnent les arkoses, les grès, les schistes rouges et les brèches vertes, celle-ci ne dépasse pas 15° sauf en un seul endroit, d'ailleurs très restreint — le G. Aesch — où les strates plongent de 70° à l'ouest.

Jurassique, crêtacé. — Il faut arriver aux premiers sédiments postérieurs à la chaîne cristalline pour trouver trace de plissements importants, bien définis, encore sont-ils localisés dans la partie nord, au voisinage de la Méditerranée, jusqu'au parallèle de Suez. Ailleurs, les mêmes formations sont sensiblement horizontales, et soumises à des inclinaisons faibles dénotant des mouvements d'un grand rayon, que je préciserai par la suite.

G. Moghara. — Le soulèvement régulier autour d'un point donne un dôme anticlinal, droit, légèrement allongé de l'est à l'ouest (fig. 15, et cartes 2, 2 *bis*). L'inclinaison, en profondeur, atteint 35°. Elle diminue en remontant vers le sommet du dôme et au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la montagne, pour devenir sensiblement nulle dans le cénomanien de l'est et du N.-E. (G. Lagama), tandis qu'au sud, elle épouse celle du dôme, mais n'est plus que 15° (G. Oum-Rekba) et même 10° (G. Lassaf .

G. Haméir. — A l'est du G. Moghara, le G. Haméir [1] montre la même disposition, avec la différence toutefois que cette montagne n'offre qu'une

1. Il existe un autre G. Haméir au Sinaï caractérisé par un couronnement basaltique.

croûte mince de sédiments recouvrant les *grès de Nubie*. Elle est isolée et décapée de ses sédiments postérieurs au bajocien, aussi ne peut-on observer comme précédemment la décroissance des inclinaisons en s'éloignant, stratigraphiquement, des couches profondes aux récentes.

G. Gidi. — Dans une échancrure du G. Oum-Ghécheb et du G. Gidi le crétacé est mis à nu. Ici apparaît un brachyanticlinal allongé dans la direction E. N.-E. Le plissement affecte surtout le cénomanien, dont le plongement régulier reste normal à l'allongement du pli. L'inclinaison maximum est de 18° et diminue insensiblement jusqu'aux couches extrêmes du crétacé supérieur.

G. Kahlieh. — Cette montagne, située à l'est de Suez, au pied du G. Raha, offre aussi un anticlinal en dôme, comme le G. Moghara. Le cénomanien plonge en tous sens de 15° à 25° autour du centre, et comme précédemment, les strates deviennent de moins en moins inclinées avec le turonien et le sénonien, de sorte que la discordance du crétacé et de l'éocène n'est même pas sensible.

G. Ataka. — La crétacé forme le pied du G. Ataka sur son flanc est et sud-est, suivant un front concave et en arc de cercle. Les pendages sont normaux à cette ligne de front : 10° E. à 25° S.-E. Ce n'est donc plus un dôme mais une cuvette.

G. Chébréouét. — Un pli couché affectant le vraconnien et le cénomanien émerge au pied nord du G. Géneffé. L'inclinaison de ce pli est 48° S.-O., sa position telle, que le G. Chébréouet prend l'allure d'un charriage sur l'éocène. En réalité c'est un accident, un récif entre l'éocène et le miocène. L'architecture en paraît compliquée, son explication a tenté sans succès Blankenhorn [94] et Barron [107]. Elle est cependant facile à expliquer, dès que l'on examine ce pic en détail. Vu de la plaine des lacs Amers, il est visible, par la courbure des strates, que le pli est couché vers le S.-O. seulement ; il n'en reste plus que le flanc inférieur jusqu'à la charnière. Vu de l'ouest, en sens opposé, le gebel paraît au contraire stratifié régulièrement : le calcaire cénomanien plonge en effet de 5° à 8° au nord. Une étroite vallée descendant

du sommet et dirigée N. 55° E., sépare ces deux parties de Chébréouét. Elle correspond exactement à une faille s'étendant jusqu'à la charnière seulement, et donnant une dénivellation amenant, à l'ouest, le flanc supérieur dans une position sensiblement horizontale et voisine du flanc supérieur. De sorte qu'au voisinage de la charnière, la même strate est d'abord tournée face en bas au pied de la montagne, et se redresse ensuite en arc de cercle pour se placer face en haut. Cela est surtout sensible dans une couche à *Hippurites* facile à retrouver. Suivons au contraire la même strate dans sa direction horizontale, elle est naturellement très redressée tout d'a-

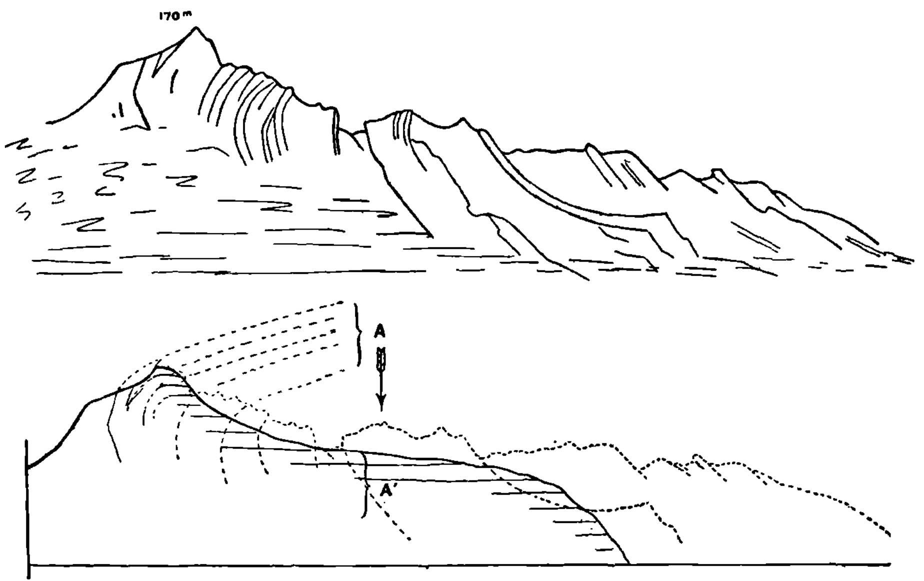


Fig. 20. — G. Chébréouét : pli couché. Haut : profil vu des grands lacs Amers. Bas : disposition des strates en deçà (pointillé), et au delà de la faille. Celle-ci amène A en A'.

bord, et la vallée franchie, nous la retrouvons horizontale puis inclinée vers le nord.

Ce sont donc les dômes qui prédominent dans les mouvements crétacés. Ils accusent une pression verticale agissant de bas en haut, et sur un point précis plutôt que sur une surface étendue. Suivant cette direction, on assiste à une compression des sédiments, et celle-ci, devenant de moins en moins intense de la profondeur à la surface, les couches supérieures reprennent insensiblement leur épaisseur et leur inclinaison normales. On ne peut expliquer le phénomène par un affaissement latéral en cercle, car l'amincissement des

strates au centre du dôme prouve bien que la pression a eu lieu en cet endroit, et, en outre, que sa direction est verticale, de bas en haut (fig. 21).

Décollements. — La même région fournit des décollements très accentués affectant les couches extrêmes du bathonien-callovien et du cénomanien,

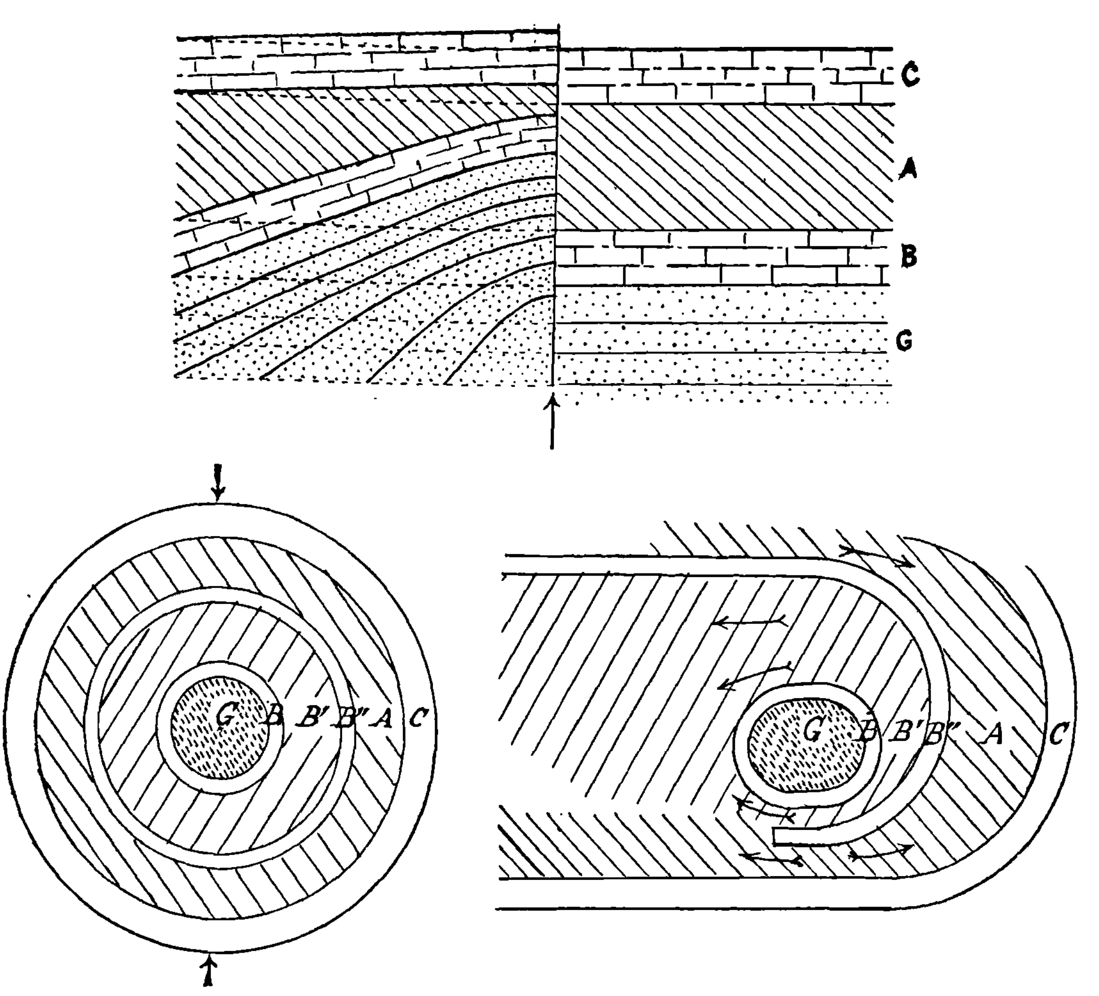


Fig. 21. — Schéma expliquant la tectonique du G. Moghara (cf. fig. 15 bis).
1, Effet de diapyrisme produit par la poussée verticale (section verticale) ; 2, section horizontale du dôme anticlinal ; 3, résultat des deux pressions latérales opposées.
G, grès de Nubie ; B, calcaires compacts bajociens ; B', marnes calcaires et grès bathonien-callovien B", calcaires compacts calloviens ; A, calcaire argileux oxfordien-albien ; C, calcaires cénomaniens.

formées de calcaires compacts. Entre celles-ci et les calcaires également compacts du jurassique moyen s'étendent les calcaires marneux très

malléables du bajocien-bathonien, du jurassique supérieur, du crétacé inférieur et même de l'albien.

Le décollement le plus sensible est représenté par la crête qui prolonge au S.-O. le G. Somra et celle, symétrique, du G. Mchabba. Ces deux crêtes se détachent du G. Moghara pour s'allonger linéairement dans la direction O. S.-O. La dernière subit, en même temps, une torsion très accentuée qui lui fait dépasser la verticale. Elle reprend sa position normale en approchant du G. Mlati, puis s'incurve au nord pour former cette dernière montagne, et prend sensiblement la direction horizontale. La crête du nord est constituée par des formations bathoniennes, l'autre est cénomanienne.

Un autre décollement s'opère sur la partie sud-orientale du massif, et affecte le cénomanien, en continuation du G. Mchabba, mais sans solution de continuité. Il prend la forme d'un grand arc de cercle convexe, dont le pôle s'éloigne du centre alors que les extrémités s'en rapprochent. Le phénomène est semblable au précédent avec la différence que les couches crétacées ne se sont pas rompues.

Les mouvements tectoniques du G. Moghara s'expliquent par deux pressions de sens différents :

1° L'une verticale, de bas en haut déterminant un dôme ;

2° L'autre latérale, du nord au sud, où inversement allongeant le dôme en brachyanticlinal.

Il résulte de cette dernière une compression des parties les plus malléables représentées par les marnes ou calcaires argileux qui, en se refoulant à l'est et à l'ouest, écartent les deux éperons mentionnés, et l'arc du G. Lassaf, constitués par les calcaires les plus résistants de la série.

La pression latérale paraît venir du sud plutôt que du nord, car les strates sont inclinées de ce côté-là tandis qu'au nord elles ont conservé leur position horizontale. En outre, la partie intermédiaire s'étendant du bajocien à l'albien est réduite, au sud, par cette compression, alors qu'elle est normalement développée au nord sur les flancs du G. Arroussieh (fig. 15, 1).

Les plissements du crétacé sont postérieurs à l'aturien et antérieurs au *libyen* car cet étage repose en discordance sur le premier, à l'est de Suez et au pied de l'Ataka. Ils ont donc eu lieu entre le crétacé supérieur et l'éocène inférieur et c'est aux mouvements qu'ils déterminent que doit être attribuée l'absence des premières formations libyennes à l'est de Suez.

Miocène. — Les plissements de grand rayon trouveront place dans la partie consacrée aux mouvements positifs du sol.

Plissements en profondeur, flexions, brisures. — Ces plissements n'ont d'autre importance que de confirmer les refoulements des sédiments malléables sous l'influence de pressions intenses. Les calcaires inclus dans ces formations trahissent par leur courbure ou leurs cassures des pressions inégales résultant de ces refoulements. Ce cas est fréquent dans G. Moghara où les calcaires marneux du jurassique supérieur ou du crétacé inférieur sont comprimés sur les faces nord et sud du dôme pour s'accumuler aux extrémités opposées en vastes poches provoquant les décollements déjà mentionnés. Un immense pli en S, visible dans le Ouadi Moghara, ramène

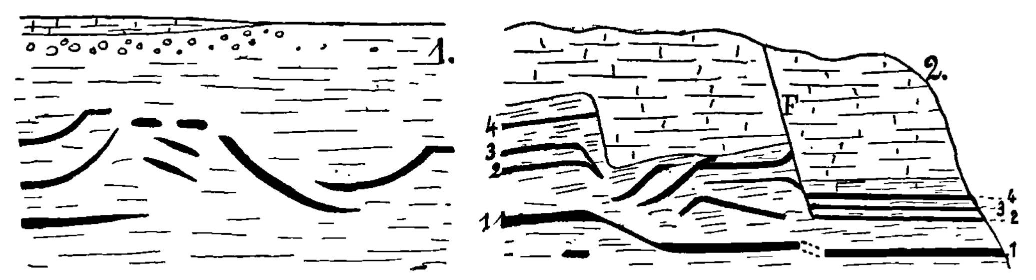


Fig. 22. — Flexions ou brisures de bancs calcaires, dans des marnes refoulées. 1, marnes bleues du *schlier* (ouest de Suez); 2, crétacé en bordure du Golfe de Suez (O. Markh), rive du Sinaï.

les calcaires compacts calloviens, du sommet du G. Arroussieh vers le flanc du G. Moghara. Ce pli est situé entre les calcaires inférieurs du bajocien et les calcaires marneux de l'oxfordien (fig. 15, 2).

La bordure du Sinaï, très tourmentée par les failles érythréennes, montre de fréquents exemples de trituration de bancs calcaires ou de plissements intermédiaires entre les couches profondes et les formations superficielles. C'est ainsi que, sous l'influence d'une faille comprimant des marnes crétaciques (fig. 22, 2), les couches compactes de calcaires jaunes, régulières dans celles-ci, sont plissées, étirées, ou broyées au point qu'il devient difficile, par endroit, de les reconstituer. D'autres exemples sont donnés par les marnes du schlier, aux environs de Suez (fig. 22, 1).

§ 2. — Fractures.

Le silurien ne présente aucune fracture apparente. On voit quelques failles dans les gneiss et les granites d'Assouan (cf. Ball [93]) ; leur âge précis ne peut être déterminé, et leur amplitude est très faible. On ne peut dire si des fractures importantes ont accompagné l'émersion de la chaîne Arabique, mais sa surface n'en montre aucune. On ne peut également attribuer à des fractures l'invasion du grès et du crétacé dans la dépression de Suez, le contact du grès et des roches anciennes qu'il recouvre étant toujours normal. Les quelquès dénivellations d'Assouan sont postérieures aux grès ; celles du Sinaï se rattachent aux mouvements érythréens. Les seules fractures importantes et visibles sont les suivantes :

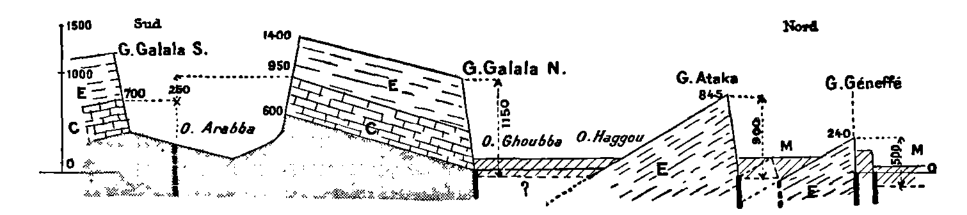
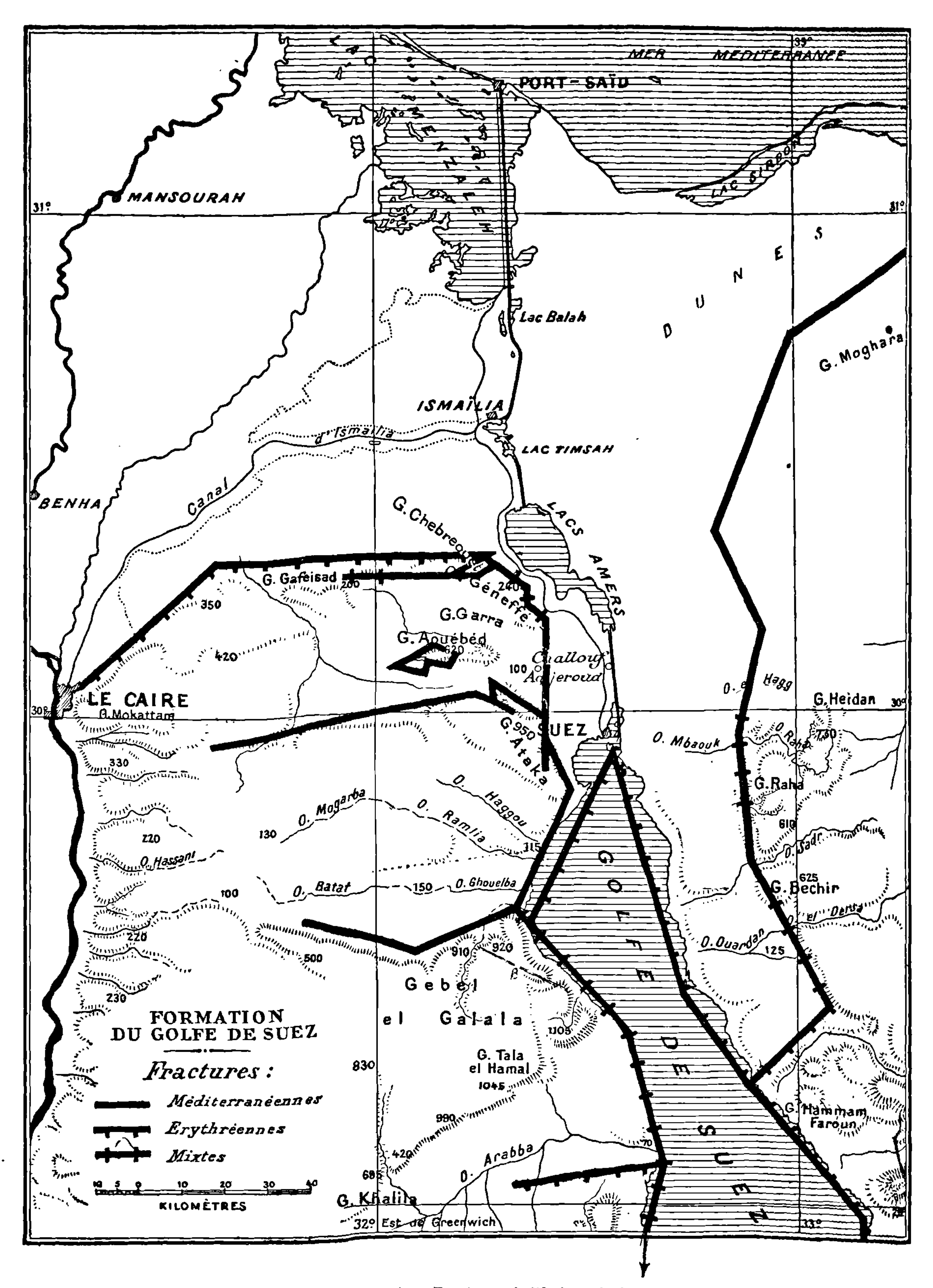


Fig. 23. — Failles méditerranéennes en gradins (disposition générale), sur la bordure septentrionale du plateau Arabique. Grès de Nubie en gris ; C, crétacé ; E, éocène ; M, miocène.

Fractures méditerranéennes. — J'appelle ainsi les fractures postérieures à l'éocène et antérieures au vindobonien, qui affectent la bordure septentrionale du désert Arabique. Les failles qui leur donnent naissance ont deux directions orthogonales : est-ouest et nord-sud.

1° *Failles est-ouest.* — Les premières de ces fractures donnent trois gradins consécutifs : le Galala, l'Ataka, le Géneffé (fig. 23) ; leur importance décroît vers le nord et ce dernier Gebel s'achève sur la plaine désertique de l'Isthme de Suez. Les failles qui dénivèlent les deux parties du G. Galala correspondent au O. Arabba ; elles sont nombreuses, à en juger par les sections que donne Schweinfurth [46]. Leur amplitude totale est 250 mètres, car les limites supérieures des grès sur les flancs nord et sud sont respectivement 600 mètres et 350 mètres.

Le caractère des affaissements dû aux autres fractures est la fixité de leurs lèvres méridionales et l'exhaussement de la bordure nord des *horst*



Carte 4. — Fractures de l'Isthme de Suez.

qu'elles déterminent, donnant une disposition en *dents de scie*. C'est ainsi que l'Ataka dont l'altitude est 890 mètres plonge au S.-O. vers le O. Haggou ; ses couches éocènes passent en profondeur sous le vindobonien. Le Galala, à sa base, domine la vallée de 1.000 mètres ; or, l'épaisseur du miocène est sensiblement de 100 à 150 mètres, aussi la dénivellation est-elle d'environ 1.100 à 1.150 mètres.

Quarante kilomètres à l'ouest, les couches supérieures des deux montagnes, attribuées au moquattam supérieur se raccordent ; la faille a donc à peu de chose près cette étendue linéaire.

L'éocène du Géneffé plonge également au S.-O., c'est-à-dire vers le pied de l'Ataka ; seulement, les failles donnent plusieurs ressauts faisant affleurer le moquattam supérieur à mi-chemin de l'Ataka, et au pied même de cette montagne. La conjugaison des failles dans ce bas fond laisse un *horst* puissant constituant le G. Aouébéd élevé de 620 mètres. Le miocène atteint 150 mètres à 230 mètres d'altitude au pied de l'Ataka. Cette montagne est

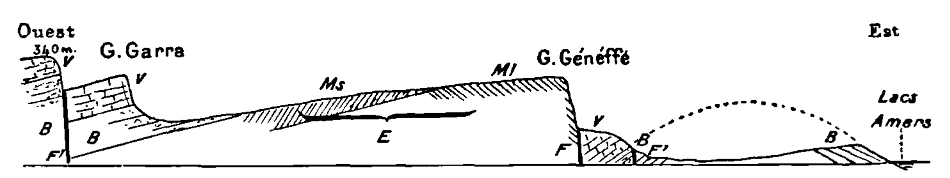


Fig. 24. — Affaissement en gradins sur l'Isthme de Suez. E, éocène ; Mi, moquattam inférieur ; Ms, *moquattam supérieur* ; B, *burdigalien* ; V, *vindobonien* ; F, failles.

elle-même élevée de 845 mètres. En tenant compte de l'épaisseur totale des formations miocènes, soit 150 mètres environ, la dénivellation serait ici de 900 mètres et celle de l'Aouébéd serait de 500 mètres.

Enfin, suivant la bordure septentrionale du Géneffé qui est élevée de 160 mètres, l'éocène commande à peine le miocène voisin. La dénivellation de ce dernier qui réapparaît au pied du plateau, représente presque l'épaisseur de celui-ci, soit environ 150 mètres.

Ces dernières fractures longitudinales s'étendent jusqu'au Delta et se perdent en partie sous le miocène qui les recouvre. Telle est par exemple celle du Géneffé qui, après un parcours de 30 kilomètres à l'ouest, se perd sous le burdigalien du G. Gherba. A 30 kilomètres de la vallée du Nil, dans le désert oriental, l'éocène du G. Angobia émerge du miocène, à 270 mètres

d'altitude, alors que le plateau du Gindali constitué par les mêmes couches, quelques kilomètres au sud, est élevé de 375 mètres. Le premier constitue donc un *horst* semblable à l'Aouébéd mais moins accentué.

D'après ce qui précède, les dénivellations successives sont, du sud au nord :

250 m. : entre le Galala-sud, et Galala-nord.
1150 m. : au pied du Galala-nord, sur l'O. Haggou.
900 m. : au pied nord de l'Ataka.
500 m. : autour de l'Aouébéd.
150 m. : au pied nord du Géneffé.

2° *Failles méridiennes.* — L'effet de ces failles est une dépression méridienne. Leur direction n'a rien d'absolu, car le détail des cassures s'éloigne, parfois, notablement de la méridienne. En constituant la dépression de Suez elles interceptent brusquement les montagnes et lui forment une bordure élevée et abrupte.

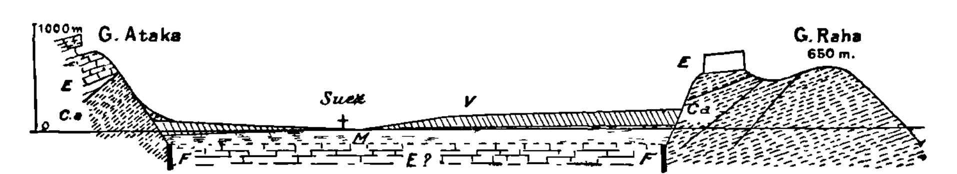


Fig. 25. — Dépression de l'Isthme de Suez. Ca, cénomanien-aturien ; E, éocène ; M, marnes du *Schlier* ; V, vindobonien ; F, failles méridiennes.

La faille occidentale est bien visible au Géneffé, sur le versant des lacs Amers. Elle est dirigée au N.-O., et fusionnant avec les précédentes, fait buter le miocène en contre-bas de l'éocène, puis elle se perd au sud sous le burdigalien, pour apparaître à nouveau au pied de l'Ataka, avec la même direction. Elle se raccorde également au nord aux failles orientales. Passé l'Ataka, elle se perd sous le vindobonien — qui s'insinue dans la dépression formée entre l'Ataka et le Galala — puis se confond avec le rivage érythréen, le long de cette dernière montagne dont la terminaison sur la mer s'opère par une chute brusque sectionnant toutes les formations sédimentaires, depuis la base des *grès de Nubie*.

L'action de cette faille paraît se terminer entre le Galala du sud et Zétieh.

La faille orientale étant sur toute sa longueur à l'intérieur des terres

(15 à 25 km. du rivage) peut être étudiée plus facilement. Elle est de beaucoup plus régulière que la précédente, n'étant pas gênée dans son développement par des fractures adventives. Au nord, elle est recouverte par les dunes du désert de Péluse. Elle apparaît au G. Oum-Ghécheb, à l'est des grands lacs Amers; mais elle est surtout visible au point où les vallées débouchent de la bordure montagneuse de l'Isthme de Suez (fig. 25) : O. Hadj, O. Raha, O. Sadr et jusqu'à Hamman Faraoun. Comme précédemment, elle fait buter le miocène contre la lèvre abrupte du *horst* sinaïtique, tandis qu'au delà de la zone soumise à son action, l'on voit le vindobonien s'étaler librement sur le crétacé ou l'éocène. Aussi ne peut-on la suivre au delà de la montagne de Hammam Faraoun couronnée de miocène. Les failles dénivelant celle-ci appartiennent donc en cet endroit à la catégorie des failles *érythréennes*, c'est-à-dire postérieures au vindobonien.

L'altitude du G. Raha étant de 700 mètres, et celle du miocène qui s'étend à sa base de 300 mètres, la dénivellation est ici de 500 mètres, en ramenant à 100 mètres l'épaisseur du miocène représenté uniquement par le vindobonien et le *schlier*[1]. Au pied de l'Ataka le miocène étant à 100 mètres d'altitude, la dénivellation est de 1.000 mètres environ.

Enfin, entre ces deux failles méridiennes existe une dénivellation de 200 mètres si l'on en juge par les altitudes respectives de leur formation crétacique : à l'est, l'aturien est à 650 mètres, alors que les craies de cet étage cessent à 450 mètres d'altitude, sur les flancs de l'Ataka.

Ces deux systèmes de failles n'ont d'indépendant que leur direction. Leur âge est facile à déterminer ; elles sont en effet recouvertes par le miocène débutant au nord du parallèle de Suez par le burdigalien ; au sud, par les marnes et les grès du *schlier*. Elles se sont donc produites entre le burdigalien et l'éocène ; au sud de Suez, leurs limites sont moins resserrées, étant comprises entre le *schlier* et l'éocène.

Sur toute la bordure des *horsts*, le miocène s'étend en contre-bas de l'éocène, puis les contourne et s'étale dans les dépressions produites par les cassures. C'est ainsi qu'il tapisse l'Isthme de Suez pour s'étendre dans le O. Haggou, confirmant l'idée entrevue par Vassel [59] exploitée timi-

1. Ces épaisseurs ne peuvent s'appliquer qu'au miocène du Golfe de Suez, car, dans le district pétrolifère, l'extension verticale du *schlier*, seule, dépasse 500 mètres.

dement par Blanckenhorn [94], d'une fosse antérieure à sa formation, et dans laquelle il s'est déposé.

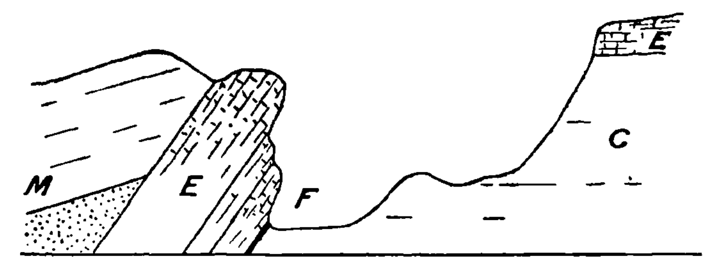


Fig. 26. — Faille orientale de l'Isthme de Suez : C, cénomanien ; E, éocène (moquattam inf.) ; M, miocène (*Schlier* et vindobonien) ; F, faille.

Failles érythréennes. — Je dénomme ainsi les failles postérieures au miocène, c'est-à-dire aux précédentes, et donnant naissance à la mer Rouge. Elles affectent donc le vindobonien, qui est l'étage immédiatement antérieur à leur formation.

L'examen du terrain les montre parallèles à celles que je viens de décrire : on les distinguera donc, également, selon leurs deux directions maîtresses : N.-S. et E.-O. Elles se confondent souvent avec les premières, aussi dans ce cas sont-elles difficiles à séparer d'elles, surtout dans les régions

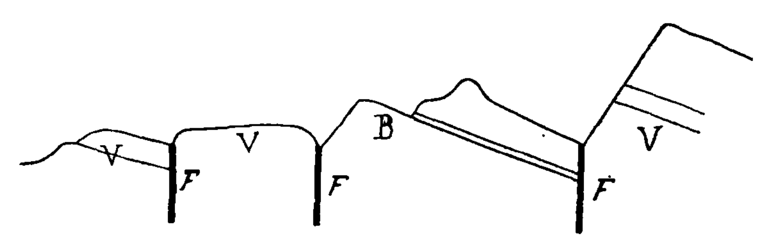


Fig. 27. — Failles érythréennes d'Adjeroud.

où le vindobonien n'existe pas. Ainsi, au Sinaï, on ne peut les identifier que par leur parenté probable avec les failles de la côte.

Elles sont très abondantes entre le Caire et Suez où elles dénivèlent le miocène, par des rejets de faible amplitude, dont le maximum, atteint au G. Garra, est de 50 mètres. La plus importante d'entre elles détermine la bordure montagneuse du Delta et du désert d'Ismaïlia ; on la suit, sans solution de continuité, du Caire au Chébréouét. Les dénivellations méditerranéennes donnent parfois des gradins très rapprochés, comme à l'ouest

d'Adjeroud (fig. 27), où les couches à *Heterostegina* et à *Ostrea crassissima*, ainsi que celles à gastéropodes de la partie supérieure du *schlier*, se trouvent à la même hauteur, en moins de 80 mètres. On observe ces failles le long du Géneffé (fig. 23, 24) qu'elles terminent en gradins nombreux et rapprochés passant sous les sables de la plaine des lacs Amers. La faille du G. Garra (fig. 23) divise la montagne en deux parties en amenant les couches profondes du burdigalien au niveau des couches supérieures du vindobonien. Naturellement, ces failles se font sentir également dans l'éocène voisin (fig. 19). Elles ne sont pas uniformément réparties, mais groupées par région. Ainsi, elles deviennent plus rares le long de l'Ataka, et disparaissent totalement dans le massif du G. Raha bordant l'Isthme de Suez, à l'est. On n'en trouve pas trace non plus sur la rive africaine du Golfe de Suez. Il faut se rendre au Sinaï pour en retrouver un foyer important. Elles se multiplient de Markha à la région des basaltes (v. carte 1, p. 56), où elles bouleversent les *grès de Nubie* et le crétacé avec une intensité croissant à l'approche du rivage. Ici, on peut l'observer à l'embouchure du O. Mokateb, par exemple. Les sédiments sont brisés en segments serrés les uns contre les autres, avec une inclination variable jusqu'à la verticale (v. les coupes dressées par Barron [113]). La situation de ces failles, leur direction, leurs rejets ont été relevés depuis Bauermann [26], par Holland [24], Palmer [28], Hull [50], Barron [113], Murray [131]. Hume [84, 110] les a retrouvées dans la partie orientale du Sinaï, et a montré l'importance qu'elles prennent dans la morphologie de la péninsule en favorisant le développement des vallées, tant en étendue qu'en direction. L'auteur signale des vallées d'effondrement (*rift valleys*), et fait déjà remarquer leur disposition en un réseau à mailles orthogonales.

Il est difficile de situer avec précision les fractures ayant donné naissance au rivage de la Mer Rouge ; on ne peut les indiquer que par interprétation, parallèles aux lignes actuelles de rivage (carte 4, p. 112). Leur existence est certaine, mais leur direction, comme leur amplitude, échappent à l'observateur.

La dépression délimitant au nord et à l'ouest le G. Hammam Faraoun, en affectant le vindobonien, est donc *érythréenne*. J'ai supposé également érythréennes les failles du O. Arabba, du fait que le miocène, postérieur aux grandes vallées du nord qu'il recouvre, étant dans celle-ci, la fait supposer récente.

En somme, on doit attribuer, comme dans les failles méditerranéennes, deux directions principales aux fractures érythréennes, avec, toutefois, cette différence que les directions méridiennes l'emportent sur les autres.

Comme je l'ai déjà noté, ces failles ne sont pas rigoureusement méridiennes, leurs directions générales étant environ N. 10° E. et N. 15°-20° O., c'est-à-dire celles des golfes de Suez et d'Akaba.

Failles mixtes. — Ces failles, se rattachant aux deux catégories précédentes sont visibles au pied du G. Géneffé, ainsi qu'au pied du G. Raha, et sont surtout accusées par des flexions du miocène à son contact même avec la lèvre éocène.

Le rivage occidental de la mer Rouge est également le résultat du *jeu* d'une même fracture conduisant le vindobonien dans le O. Gouelba, puis le dénivelant pour introduire la mer Rouge au pied du Galala.

La formation de la mer Rouge, entrevue par Dolomieu [1], puis par H. Douvillé [2], confirmée par l'expédition Téléki [3], résulte donc d'un ensemble de fractures qui lui sont propres, ou sont apparentées au moins à son extrémité nord, à celles qui déterminent la transgression vindobonienne.

§ 3. — Mouvements du sol.

Schistes. — Des oscillations ont lieu pendant la formation des arkoses et des grès rouges inclus dans les schistes, mais faute de documents suffisants, il m'est impossible d'en rechercher le nombre et d'en caractériser l'étendue.

D'autres oscillations correspondent à la formation des brèches vertes. La période continentale antérieure aux mouvements négatifs du sol qui a donné naissance à ces brèches est accusée par la présence de produits de projection au milieu des éléments constituant les *brèches vertes* et les poudingues verts. Ces oscillations dans la région du O. Hammamat sont au

1. Dolomieu, *Sur la constitution physique de l'Égypte*, *Jl. de Physique*, XLVI, 1791, 49.
2. H. Douvillé, *Examen des fossiles rapportés du Choa par M. Aubry*, *B.S.G.F.*, XIV, 1885-86, 240.
3. *Beitrage zur geologischen Kenntnis des östlichen Afrika.* Von L. K. Höhnel, A. Rosival, F. Toula und E. Suess, *Denkschr. k. Ak. Wiess. Wien*, LVIII, 1891, 447, 10 Pl.

nombre de trois, et les bancs de poudingues qu'elles donnent sont séparés par des espaces schisteux. J'ai déjà mentionné l'existence d'un mouvement positif du sol très régulier de grande amplitude et de grand rayon provoquant l'émersion de la chaîne Arabique et déterminant l'aire continentale où va se déposer le *grès de Nubie*. Il ne donne lieu à aucune autre observation spéciale; je rappelle qu'il se rattache aux mouvements *calédoniens* par son âge, qui le place entre le silurien et le carbonifère. Cette aire continentale entamée par la transgression qui va suivre doit donc être considérée comme la bordure septentrionale du continent de Gondwana.

Oscillations carbonifères. — (v. antérieurement pp. 43, 53.)

Grande oscillation jurassique-éocène. — En se basant sur l'étude géologique précédente, et celle que Hume [124] a étendue à la Libye ou

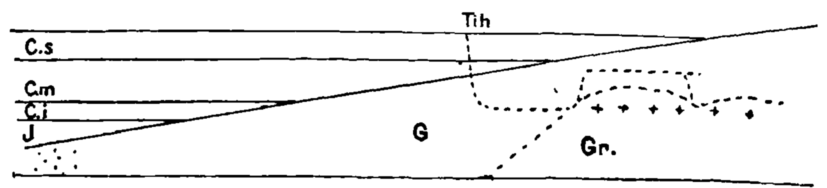


Fig. 28. — Schéma de la transgression marine sur le *grès de Nubie*, entre le G. Mogharа et le Sinaï. J, jurassique; Ci, Cm, Cs, cénomanien inférieur, moyen et supérieur; G, *grès de Nubie*; Gr, massif schisto-cristallin du Sinaï.

en rassemblant les observations antérieures, il est facile de préciser l'amplitude stratigraphique et l'étendue topographique de la grande oscillation qui donnera naissance à presque toute la série géologique égyptienne.

La mer jurassique, après de nombreuses oscillations de faible amplitude accusées par les alternances de grès et de marnes précédant cet étage, dépose le bajocien venant de Syrie, sur les *grès de Nubie* (fig. 29).

Il est impossible de donner la limite topographique du jurassique, pas plus que celle du crétacé inférieur. Par contre, la mer vraconienne atteint le Chébréouët; le cénomanien s'avance au sud, constituant, avons-nous vu, deux golfes limités par les massifs éruptifs du Sinaï et de la chaîne Arabique; l'un d'eux se limite à Tôr (Sinaï) et l'autre envahit l'Égypte et la Libye jusqu'à 27° 15′ de lat. N.

Avec le campanien, la transgression se poursuit ; l'un des golfes s'étend jusqu'à Coçéir, sur l'emplacement actuel du golfe de Suez, bordé comme précédemment par les massifs cristallins ; l'autre, comme l'indique la répartition

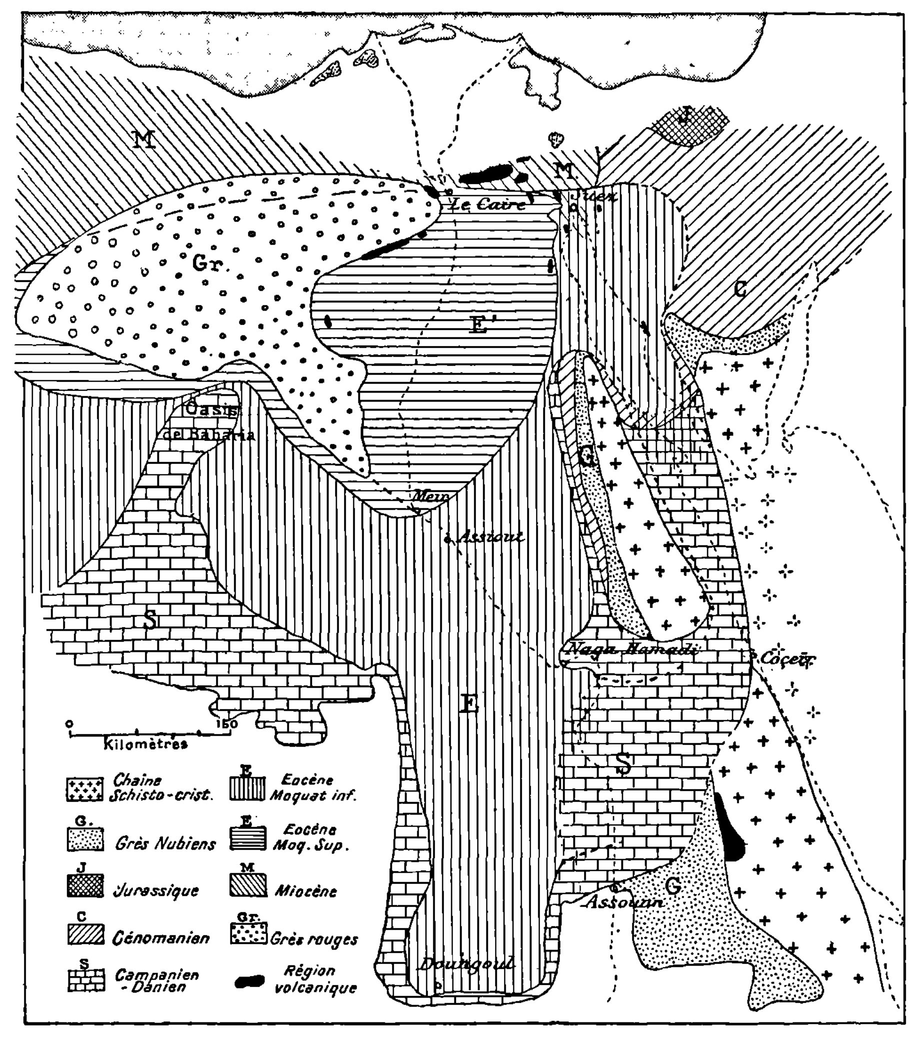


Fig. 29. — Oscillation jurassique-éocène (pour le miocène, v. fig. 31). Les lambeaux de coulées basaltiques sont réunis. (Faire abstraction des grès rouges, Gr, mentionnés par erreur dans cette carte.)

que j'ai donnée du crétacé, s'étale le long de la chaîne Arabique, jusqu'au niveau d'Esnéh, pour former, à partir de cet endroit, le golfe de Doungoul. A l'est d'Esnéh, l'altitude élevée des lambeaux sénoniens (400 m.), la faible altitude de la montagne ne dépassant guère cette cote à ce niveau, permet de soupçonner une réunion des deux golfes en cet endroit, par un détroit rejoignant la région de Coçéir.

Avec le maximum d'extension de la transgression correspond une stabilisation du rivage, au cours de laquelle le crétacé supérieur va se déposer.

La régression se fait sentir aux points extrêmes au début de l'éocène. Les formations du *moquattam inférieur* sont en retrait dans une direction méridienne, et, un peu au delà d'Assiout, font suite celles du *moquattam supérieur* qui s'étendent jusqu'au parallèle du Caire où apparaît le miocène.

De même que précédemment, la proximité des lambeaux éocènes situés de part et d'autre de la chaîne Arabique au niveau de Coçéir, ainsi que leurs altitudes, indiquent l'existence des deux golfes mentionnés et leur jonction probable sur l'emplacement du détroit campanien qui me paraît avoir franchi la chaîne Arabique, surbaissée en cet endroit.

Au N.-E., le crétacé, émergé sous l'action des mouvements qui le plissent, est recouvert par le *moquattam inférieur* en transgression, mais au *moquattam supérieur*, le rivage en retrait, est limité au Géneffé.

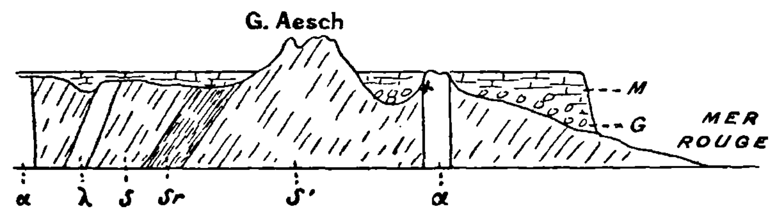


Fig. 30. — Transgression miocène sur le massif schisto-cristallin du G. Aésch. S, schiste ; Sr, schiste rouge ; α, andésite ; λ, labradorite ; M, vindobonien débutant par un conglomérat grossier, G.

Oscillation miocène. — D'après ce qui précède, le rivage miocène est limité sensiblement au 30e parallèle. La régression se poursuit car le burdigalien est recouvert par les grès continentaux, équivalents synchroniques du *schlier*. C'est le niveau des basaltes et des tufs basaltiques. Les marnes synchroniques de ces grès ou postérieures à leurs dépôts sont en transgression sur le golfe de Suez jusqu'à 27° 20' de lat. N. (Abou-Char El-Khibli), et se continuent par le vindobonien en transgression également sur les grès précédents.

Enfin a lieu la régression qui ramène la Méditerranée dans ses limites actuelles, entre l'époque des fractures méditerranéennes et celle des fractures érythréennes.

Les grès rouges déposés d'une part sur le burdigalien redressé, et d'autre part dénivelés avec le vindobonien, montrent que le miocène subit au moins deux mouvements distincts : les premiers, relevant le burdigalien, peuvent être la cause de la régression miocène, et sont antérieurs aux grès rouges ferrugineux du G. Âhmar ; les autres, postérieurs à ceux-ci, relèvent l'ensemble du miocène, après une période d'émersion et de désagrégation atteignant les assises supérieures du burdigalien.

Voici donc deux grandes oscillations du sol bien caractérisées : l'une s'étendant du jurassique au burdigalien inclus, atteignant son maximum au danien, l'autre débutant par le *schlier*, atteint son maximum avec le deuxième étage méditerranéen pour se terminer un peu avant la période érythréenne. L'évolution de ces oscillations se ramène à cinq stades coïncidant, au début, avec les différentes zones des *grès de Nubie* :

1° Jurassique et crétacé inférieur : limite approximative 30° 40′ de lat. N.

2° Cénomanien : limite 27° 15′ de lat. N. (deux golfes séparés actuellement par la chaîne Arabique).

3° Sénonien-danien : extension des golfes précédents l'un entre l'Égypte et le Sinaï, jusqu'à 25° de lat. N., l'autre, libyque, jusqu'à Doungoul, 23° 50′ de lat. N.

4° Éocène : régression de cette dernière limite, jusqu'à 30° de lat. N.

5° Au nord de 30° : dépôt du miocène ; formation d'un golfe dans la dépression de Suez jusqu'à 27° 30′ de lat. N.

Mouvement positif de l'éocène. — Le mouvement positif du sol, amenant la régression éocène, atteint son maximum dans la région Galala-Tih : il élève en effet ces montagnes à 1200 mètres d'altitude. Il décroît à l'ouest, au nord et au sud, jusqu'à l'altitude de 200-300 mètres. La montagne affecte donc la forme d'une large croupe s'étendant à l'est, et les failles, qui apparaissent comme la réaction de ces soulèvements, sont situées sur les flancs de cette bosse. Elles ne sont qu'un accident local, car le mouvement positif persiste en dehors d'elles, il élève le miocène à l'altitude maximum de 320 mètres (G. Garra) et à l'altitude moyenne de 150 mètres. Son action se fait sentir bien au delà de ce bombement et de la zone affectée par les fractures méditerranéennes, car il se poursuit sur le rivage érythréen par l'exhaussement des *plages soulevées*, dont l'émersion atteint, par endroits, 120 mètres d'altitude (G. Roussas) [1].

1. Cf. WALTER [58] et BARRON [113].

CONCLUSION

RELATIONS DES ÉPANCHEMENTS VOLCANIQUES AVEC LES TRANSGRESSIONS MARINES

En se reportant aux âges des différentes roches volcaniques du désert Arabique et en les comparant aux mouvements que je viens de décrire on remarquera une connexion étroite entre leurs épanchements et les mouvements négatifs du sol. Et cette relation est indépendante de tout autre mouvement, notamment des plissements locaux et des fractures.

Premières éruptions andésitiques. — Je rappelle que la transgression donnant naissance aux brèches vertes emprunte, sur une longueur notable, du O. Hammamat au G. Doukhan, une partie des éléments de ces roches à des massifs andésitiques. Le fait intéressant à noter, est la présence au milieu d'eux de produits de projection volcanique ayant accompagné les épanchements andésitiques. Elle implique l'existence d'une aire continentale et la formation des brèches, par conséquent, celle d'une transgression marine. On ne peut fixer avec précision si les éruptions andésitiques sont antérieures ou contemporaines des brèches ; en tous cas, la présence de cendres et de tufs, dans une région soumise à une désagrégation intense, permet de soupçonner les épanchements volcaniques antérieurs de très peu aux poudingues dans la constitution desquels entrent leurs laves.

Deuxièmes andésites (dacites ou dacitoïdes). — L'érosion profonde des schistes ayant enlevé leur surface extérieure, on ne peut rien dire de ces deuxièmes éruptions andésitiques dont il ne reste que la partie relativement profonde des cheminées.

Basalte du Sinaï. — Les coulées de basalte, situées au sommet du *grès de Nubie*, stratigraphiquement voisines du cénomanien, sont donc contemporaines de la grande transgression qui débute au jurassique, et antérieures à celle qui amène le cénomanien dans le Sinaï.

Volcans du O. Natasch. — Les volcans du O. Natasch étant d'âge aturien correspondent aussi à la transgression précédente ; il est à remarquer, comme tout à l'heure, que le rivage est voisin du foyer éruptif, car il

apparaît encore des lambeaux sénoniens dans le O. Natasch, 45 kilomètres en aval des champs d'épanchements (G. Nougra).

Basalte miocène. — Le basalte miocène est contemporain du *schlier*. Or, celui-ci, marquant une régression vers l'ouest, est au contraire en transgression dans l'Isthme de Suez. Celle-ci commence toutefois à sa partie supérieure, pour être surtout sensible avec le deuxième étage méditerranéen.

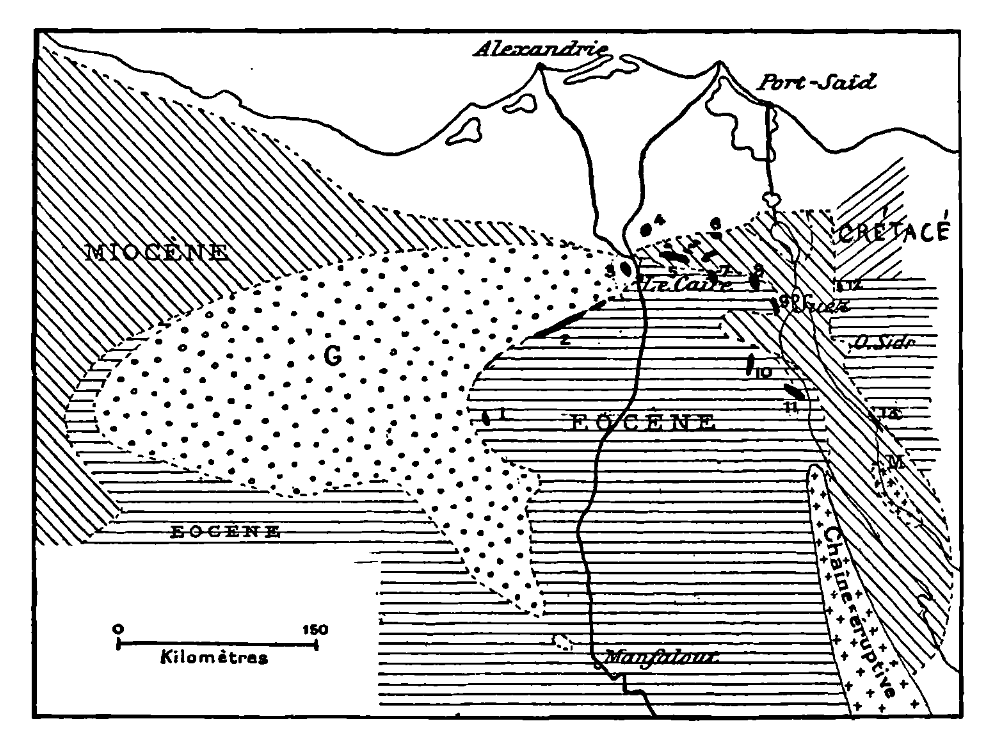


Fig. 31. — Transgression vindobonienne dans la dépression de Suez, et disposition des basaltes méditerranéens. G, grès et poudingues ferrugineux (ancien cône de déjections). Basaltes : 1, Hammamet-el-Gadi ; 2, G. El-Gatrani ; 3, Abou-Roasch ; 4, Abou-Zâabel ; 5, Daher et El-Angobia (cf. carte 3) ; 6, G. Gafeisad ; 7, G. Khéchen ; 8, G. Oum-Thiboua ; 9, G. Ataka (O. Haggou) ; 10, G. Galala ; 11, Abou-Daraga ; 12, G. Kahlieh ; 13, O. Taïeb. Cf. Carte 3 *bis* pour la région Caire-Suez.

Les basaltes ont donc précédé le mouvement négatif du sol, ils lui sont contemporains, ou datent de son début même. On peut constater, par le croquis ci-dessus, que les gisements de ces roches suivent le rivage, mais ce n'est pas une règle absolue, car les basaltes trouvés au voisinage d'Assiout par Beadnell, ou à l'est de Kénéh par Barron [124] en sont très éloignés, de même que ceux du Soudan signalés par Lyons et Lefèbvre.

En résumé, les observations précédentes permettent d'établir le tableau suivant :

1° Andésite des *brèches vertes* : transgression.
2° Dacitoïde du G. Doukhan : ?
3° Basalte du Sinaï : transgression jurassique cénomanienne.
4° Coulées du O. Natasch : transgression sénonienne.
Régression éocène.
5° Basalte méditerranéen : transgression vindobonienne.

Remarque : D'après les pages précédentes, on se rend compte que ces éruptions n'ont aucune relation avec les plissements, ceux-ci étant localisés entre l'éocène et l'aturien, et n'en ont pas davantage avec les fractures dont l'apparition n'a lieu qu'après l'éocène. Les dernières sont les seules qui pourraient être rattachées aux effondrements méditerranéens, par le peu de temps qui les en sépare.

Voici d'ailleurs un tableau comparatif des situations relatives de ces roches et des accidents tectoniques.

TABLEAU DE CONCORDANCE RÉSUMANT LES SITUATIONS RELATIVES DES SÉDIMENTS, DES ROCHES ÉRUPTIVES, ET DES MOUVEMENTS DE L'ÉCORCE TERRESTRE EN ÉGYPTE

....	1re série granitique		
Schistes verts..........	....	?	
Schistes noirs et rouges.	....	Oscillations et transgression	?
Brèche universelle......	Andésites		
	....		
Schistes	....	....	
		Mouvement calédonien	Surrection de la Chaine Arabique
	Andésites dacites	—	
	Diorites	—	
	2me série granitique	—	
Grès Carbonifères......	....	Période continentale } Oscillations	?
Grès de Nubie.........	....	— Transgression	
— Jurassique...	....	— —	
— Crét. inf.....	Basalte du Sinaï	— —	?
— Crét. moy...	Volcans du O. Natasch	— —	Plissement du crétacé au nord
— Crét. sup....			
Éocène.......	....	Régression	Fractures méditerranéennes
Burdigalien ..	....	—	
Schlier......	Basalte méditerranéen	Transgression	
Vindobonien.	....	—	
Etage érythréen.......	.. ..	Régression puis transgression	— érythréennes

TABLEAU RÉFÉRENTIEL INDIQUANT LES AGES OU SITUATIONS RELATIVES DES ROCHES ÉRUPTIVES

ROCHE	Postérieure à :	Antérieure à :	GISEMENT	RÉFÉRENCE
Granite ancien....	Schiste vert	Granite rose — rouge Brèches vertes Sölvsbergite	Ouadi Schaït — Baba (Sinaï) Ouadis: Hammamat, Zeidoun Goueh, etc.... O. Schaït.	Carte 5 Fig. 32 p. 29 Carte 5
Microgranite......	Schistes verts	Brèches vertes ou conglomérats	G. Doukhan et constituent les brèches ou conglomérats sur presque toute leur étendue	pp. 29 et 128 à 133
Rhyolite..........	—	—	—	
Andésite..........	—	—	—	
Diorites...........	—	—	—	
Granodiorite......	Schistes Gneiss (?)	Gr. rose d'Assouan traversé par ses filons	Assouan	Carte de Ball [112]
Diorites...........	Ensemble des schistes	Granite rose et gr. rouge	O. Mâammal O. Béli	Fig. 11-13-33-41
Labradorite.......	....	....	Urf-el-Bagar	
Anorthosites......	....	....	Assouan (diorite à bytownite)	
Péridotites........	....	.... ?	Ile Zébirget	
Gabbro, etc.......	....	.... ?	....	
Andésites (dacites).	id. Granite rose	id.	G. Doukhan G. Oum Sidri	Fig. 12-35 Fig. 14
Granite gris.......	Schistes Diorite	Granite rose	O. Bararig, Est du Gebel Doukhan	Fig. 37 Fig. 15
Granite d'Assouan.	Diorites Granodiorite	Grès de Nubie	Assouan	
Granite rose...... — rouge.....	Dacite Diorite	Grès de Nubie		Fig. 14-34-35
Basalte du Sinaï...	Contemporains du Grès de Nubie	Cénomanien	Sinaï Septentrional	Carte 1
Syénite néphélinique	Granite, Rhyolite, Gneiss	?	G. Abou-Khroug	
Série volcanique crétacée	Contemporaine des grès de Nubie (Sommet)			Fig. 16 p. 73
Basaltes méditerranéens	Contemporains du schlier.			Fig. 17 et 18

TROISIÈME PARTIE

DESCRIPTION DES ROCHES ÉRUPTIVES

Au cours de cette étude pétrographique, je n'aurai guère à me reporter à des travaux antérieurs, ceux-ci étant d'un nombre réduit. A l'exception de Rozière et Lefèbvre, peu de voyageurs anciens se sont intéressés aux roches éruptives, et, parmi les auteurs contemporains, quatre d'entre eux seulement les ont examinées en sections minces : Liebisch [31], Arzruni [39], Bonney [49], et Miss Kath. Raisin [64, 69]. Encore, les roches décrites sont-elles en petit nombre. Barron, Hume et Ball, dans leurs divers ouvrages déjà maintes fois cités, mentionnent les roches éruptives de leurs itinéraires et ont utilisé le microscope pour leurs déterminations ; mais ils ne donnent aucune description complète justifiant leurs diagnostics.

Les analyses antérieurement publiées se réduisent également à trois ou quatre, notamment celles de Delesse relatives au *Porphyre rouge antique* et au granite amphibolique rose d'Assouan [1].

1. Pour la répartition des roches, consulter les cartes du *Survey Dep*[t], dressées par Barron et Hume, ainsi que les ouvrages de ces auteurs, et ceux de Ball.

CHAPITRE I

PREMIÈRE SÉRIE ÉRUPTIVE
PREMIÈRE SÉRIE GRANITIQUE

A. — Granite des *brèches vertes.*

Le granite antérieur aux *brèches vertes* dont l'existence est révélée par les éléments de celles-ci, se retrouve, en place, à deux endroits seulement. Peut-être en existe-t-il d'autres gisements, car, par leur peu d'étendue, ils ont pu échapper à l'observateur non prévenu de leur existence, mais ceux-ci sont les seuls que j'ai vus. Une exploration minutieuse de la chaîne Arabique en révélera peut-être d'autres.

La roche est facile à distinguer de celles qui avoisinent, par son aspect particulier, caractéristique. Des diaclases profondes et étendues en rendent les gisements stratiformes ; les blocs isolés sont arrondis et les surfaces exposées à l'air sont recouvertes d'une patine protectrice, noire, ferro-manganésifère, qui atténue l'effet des variations de température et préserve les blocs d'une désagrégation rapide. Cette résistance à la désagrégation est d'ailleurs un caractère commun à toutes les roches recouvertes de ce lustre isolateur.

Ce granite est très résistant au choc par suite de l'enchevêtrement de ses minéraux d'altération, dont l'examen microscopique révèle la disposition en lamelles allongées. Les cassures fraîchement faites montrent une coloration violacée, avec des marbrures roses et noires ou des traînées linéaires disposées en réseau. La roche est imprégnée d'épidote : si la proportion de ce minéral l'emporte, la couleur tire sur le vert ; tandis qu'au contraire, la prédominance des feldspaths accentue la couleur rose violacé. Le quartz, laiteux et bleuté, est également caractéristique de cette roche.

En section mince, elle apparaît constituée par de menus cristaux de zircon, d'apatite et de magnétite partiellement altérée en limonite ; des

résidus non altérés de biotite sont disposés en nids associés à de la pennine. Les feldspaths sont de l'orthose et de l'oligoclase à 20 °/₀ d'An. ; le quartz y est en larges plages ou en petits cristaux très dentelés. La quantité d'épidote, de pennine, de calcite, varie avec les gisements. L'altération de l'oligoclase débute par le centre des cristaux, et donne naissance à deux minéraux complémentaires : zoïsite et muscovite.

O. Schaït. — Le granite ancien affleure en plusieurs pointements, du G. Nazla au O. Schaït (v. carte 5), avant de s'étendre au nord en un massif plus important, jusqu'aux mines d'or de Hamasch. Il se continue certainement en profondeur, car il en affleure un pointement quelques kilomètres au sud de Barramia. Il ne m'a pas été possible de fixer la limite septentrionale de ce dernier. Au voisinage du O. Schaït, il s'élève au milieu des schistes verts anciens ; le gisement est coupé par le *neck* de sölvsbergite du G. Nazla, et le massif principal est traversé par les deux necks de Soufra. A l'ouest, il se perd sous le grès de Nubie.

Les schistes verts deviennent compacts en cet endroit, sans montrer d'autre action métamorphique que leur compacité. Encore est-il difficile de l'attribuer à l'action de ce granite, par suite de la proximité de roches éruptives plus récentes ; de même, on ne peut se rendre compte de ce qui lui revient dans la genèse des quelques filons d'aplite, de rhyolite et de diabase répartis à son voisinage, et qui émanent peut-être du magma de la deuxième série granitique.

Composition chimique du granite de ce gisement :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P.F.	Total
66,6	13,9	0,5	3,25	n.d.	0,8	5,7	2,7	1,8	1,4	99,65

MnO s'y trouve en quantité notable, mais n'a pas été dosé. Sa présence est un caractère assez constant parmi les roches anciennes antérieures à la deuxième série granitique, au moins parmi les plus communes d'entre elles, et permettrait déjà de les distinguer de celles-ci. Il y a des exceptions à faire notamment pour les microgranites.

Cette roche est trop altérée pour être classée dans les tableaux pétrographiques américains, sur l'analyse ci-dessus (v. p. 240).

O. Baba (***Sinaï***). — Le même granite est mis à découvert par le lit du O. Baba et les vallées voisines qui entament profondément la couverture gréseuse et le massif cristallin sous-jacent. Au nord, il se heurte aux grès sous lesquels il passe ; à l'est, il est limité par les diorites et les gneiss ; au sud-est la faille correspondant au O. Nasb en facilite l'affleurement, et au S.-O., il se termine contre un massif de granite rose du type Doukhan, de la deuxième série granitique. Ce contact des deux massifs rend le gisement du O. Baba très important, en ce qu'il confirme l'âge relatif des deux roches. La ligne de contact ne permet aucune observation intéressante, mais à son voisinage, entre le O. Baba et le O. Oum-Bogma, apparaissent, dans le granite ancien, non seulement des filons de

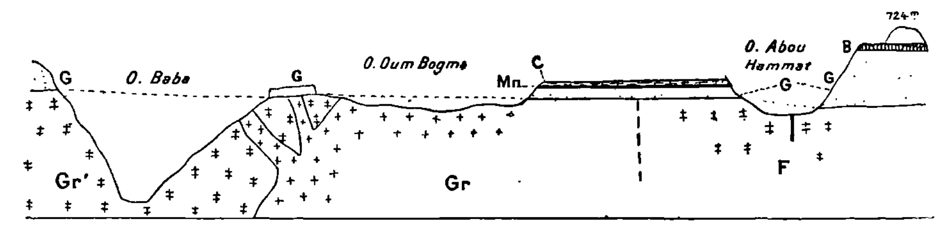


Fig. 32. — O. Baba : contact du granite antérieur (Gr') et du granite postérieur aux brèches vertes (Gr) ; G, grès westphalien ; C, calcaire moscovien ; B, basalte ; Mn, pyrolusite ; F, faille.

pegmatite, de rhyolite et de diabase, émanant de l'autre, mais encore de puissants filons du granite rose à allanite.

B. — Microgranite et Rhyolite.

Si les filons de cette première série granitique sont difficiles à distinguer de ceux appartenant à la série plus récente, leurs roches n'existent pas moins en tant qu'éléments des conglomérats ou poudingues des *brèches vertes* (voir : IIe partie, Ch. I, § 3). Les microgranites méritent une attention spéciale car les conglomérats n'en ont pas de trace. Il n'en existe que deux gisements :

G. Doukhan. — Ils sont en petites bosses émergeant des schistes, et en enclaves dans le granite rose. Non loin de là, près du col conduisant au O. Abou-Mâammel, d'autres bosses, voisines du contact granitique, sont traversées de filons d'aplite qui s'anastomosent en un réseau de filonets.

O. Bararig. — Ici, ces mêmes bosses, larges de 8 à 12 mètres, sont traversées de filons rhyolitiques et sectionnées par le granite rose, prouvant ainsi leur antériorité à celui-ci. Enfin, elles sont aussi coupées par des filons de labradorite.

Ces roches sont bien conservées. Leur grain est fin, leur coloration est grise, violacée ou verdâtre, rarement noire. Leurs bosses, comme leur couleur, ou le blanc mat de leurs feldspaths, permettent de les distinguer facilement. Les phénocristaux de feldspath ont la blancheur de l'ivoire ou sont épidotisés, et sur la pâte grisâtre ou noirâtre se détachent également des paillettes de biotite. Les roches épidotisées sont le plus souvent violacées.

En sections minces, ces roches se montrent presque dépourvues d'apatite, de magnétite et de sphène. L'orthose constitue des phénocristaux à tendance automorphe. Dans la pâte, plus fine, ont cristallisé simultanément le quartz et l'oligoclase-albite. Elles contiennent des assemblages micropegmatiques de quartz et d'orthose, et des minéraux d'altération : limonite, hématite, épidote et chlorite.

Quelques-unes de ces roches possèdent des phénocristaux d'oligoclase-albite $Ab_6\,An_1$; accompagnant de grandes plages de quartz corrodé ; d'autres n'ont pas trace d'oligoclase : leur grain est fin et régulier ; les assemblages micropegmatiques y sont abondants, parallèles ou groupés autour d'un cristal axial de quartz ; elles montrent en outre du quartz vermiculé.

Il est à remarquer que les micropegmatites ont parfois leur pourtour autrement orienté que le centre.

A leur contact avec les schistes voisins, elles prennent un grain plus fin, sans toutefois changer d'aspect ; c'est là que les feldspaths ont la plus grande tendance à devenir automorphes, et le quartz de première consolidation à être corrodé.

Les modifications de grain qui ont lieu au contact de certains schistes, disparaissent au contact du granite rose ou rouge, ce qui, joint aux filons traversant ces roches, est une preuve de leur antériorité à la deuxième série granitique.

Ces roches ont le grand intérêt de montrer un terme microgranitique contemporain ou voisin des granites précédents, et de se présenter en petits massifs, alors que, généralement, elles apparaissent en filons.

Composition chimique :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P.F.	Tot.
67.4	16.2	0.8	1.8	0.6	1.1	2.4	6.6	3.2	0.6	100.7

La roche n'a pas de MnO.
Classification : I(II). (4)5. 1(2). 4.

La rhyolite des *brèches* est représentée par de minuscules fragments voisinant avec ceux des andésites dont la description suit. Elle est constituée uniquement de quartz déchiqueté et d'orthose, en flocons extrêmement ténus.

Il est impossible de savoir quelle part prend cette roche dans la constitution des *brèches universelles*, car elle est le plus souvent masquée par les produits d'altération des roches voisines, hématite et épidote. La rhyolite devient impossible à déceler. On ne peut pas davantage lui assigner une origine profonde ni une origine volcanique. Dans l'incertitude, je la place avec les granites et les microgranites en me basant sur les affinités génétiques des deux roches.

CHAPITRE II

DEUXIÈME SÉRIE ÉRUPTIVE

Andésite (ou dacitoïde) des *brèches vertes*.

L'andésite est surtout abondante dans la région du G. Doukhan et du O. Hammamat. Ses galets noirâtres, inclus dans le poudingue vert, ne se distinguent pas à première vue des schistes de même couleur, mais comme ils sont plus abondants que ceux-ci, parmi les éléments de la *brèche*, on a des chances d'en trouver facilement dans les sections minces.

La roche est le plus souvent semi-vitreuse avec des nids de microlites feldspathiques. Les parties les plus cristallines se montrent constituées d'andésine, en microlites ou en minuscules cristaux xénomorphes semblables à ceux des porphyrites, dont l'étude fait l'objet d'un chapitre suivant, noyés dans une pâte vitreuse ou un ciment d'hématite opaque. Certaines andésites sont micacées.

On peut voir tous les passages de types presque entièrement vitreux à d'autres holocristallins. L'un d'eux est formé de gros microlites d'andésine noyés dans un résidu vitreux verdâtre dont la fluidité est mise en évidence par un pigment ferrugineux qui en marque le sens. Cette roche moins compacte que les précédentes est très altérée, les feldspaths y sont transformés en une matière colloïdale indéterminable.

La forme la plus cristalline de ces roches offre la structure microlitique accentuée d'une andésite amphibolique. L'amphibole est une variété actinolitique fibreuse provenant de l'altération d'un minéral antérieur, hornblende ou augite. Cette andésite tend vers une microdiorite ou un microgabbro. C'est une forme plus cristalline des roches précédentes, qui sont en partie vitreuses.

Une autre variété montre deux temps de cristallisation. L'andésine est

très allongée, les éléments noirs sont plus abondants ; on y voit de beaux cristaux de magnétite.

Certaines de ces roches contiennent du quartz, ce qui est d'ailleurs un caractère à peu près constant des *porphyrites* du désert Arabique. Ce minéral est primaire car, dans les parties vitreuses, la fluidité de la roche en épouse toujours les contours. Ce sont donc des dacites ou des dacitoïdes comparables à celles du G. Doukhan.

A côté de ces andésites existent de rares fragments d'une roche intermédiaire entre elles et les labradorites. Elle est également noirâtre, très ferrugineuse, à structure microcristalline, avec une tendance ophitique. On n'y distingue que les feldspaths noyés dans un verre montrant des minéraux ferrugineux en suspension. Les phénocristaux sont du labrador $Ab_1 An_1$, les microlites, de l'andésine $Ab_5 An_3$, en forme d'H, c'est-à-dire bifides à leurs extrémités. Les fragments de cette roche sont trop petits pour pouvoir être extraits et analysés.

CHAPITRE III

TROISIÈME SÉRIE ÉRUPTIVE
ROCHES GRENUES POSTÉRIEURES AUX SCHISTES

A. — Granodiorite.

(*Syénite des auteurs antérieurs*).

La syénite est signalée pour la première fois par de Rozière [1] au Sinaï, et c'est par l'étude des roches de cette provenance qu'il a créé le terme de *sinaïte*, pour les différencier des granites d'Assouan ou Syène, auxquels le nom de syénite avait été appliqué. Je n'ai pas rencontré cette roche dans les montagnes du Sinaï, et c'est vraisemblablement à la présence de diorites qu'il faut imputer l'erreur d'un auteur cependant perspicace.

Barron et Hume ont énuméré des gisements de ces roches dans le désert Arabique ou le Sinaï, et Ball [112], après leur avoir attribué la constitution du noyau éruptif encerclé par les granites d'Assouan, signale les mêmes roches dans les gebels Nazla et Nehoud où j'avais précédemment mentionné des sölvsbergites.

J'ai commis, après Ball, l'erreur de considérer comme syénites les roches que cet auteur teinte comme telles dans sa carte d'Assouan, et qui sont en réalité les granodiorites dont la description suit.

Les syénites sont très rares : en aucun cas je n'ai recueilli des roches auxquelles ce terme puisse s'appliquer. Les seules qui en approchent sont voisines de granites. On en trouve un gisement dans le O. Beli. La roche ressemble au granite gris à grain fin. Les feldspaths sont de l'orthose et de l'andésine, et les éléments colorés, de la biotite et de l'amphibole verte. Le quartz s'y présente par places en quantité notable mais irrégulièrement. L'andésine a tendance à prendre un contour cristallin. Une roche semblable mais à éléments xénomorphes affleure dans le O. Ertéma (Sinaï oriental). L'apatite, la titanomagnétite et le sphène y sont abondants : les feldspaths orthose et oligoclase, sont en larges plages xénomorphes, le quartz est

régulièrement réparti dans la roche et en faible quantité, alors que les éléments noirs, biotite et amphibole verte, ont tendance à se rassembler.

Analyse de la première de ces roches :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P^2O^5	P. F.	Tot.
66,2	15,6	1,1	2,5	1,2	2,1	3,6	4,3	2,5	0,4	0,4	99,9.

Classification : (I)II. 4. 2(3). 4. (cf. *Granite gris*, p. 186).

Nordmarkite. — Le G. Zerket-en-Nâam est constitué par une nordmarkite typique. Je n'en possède qu'un minuscule fragment provenant des collections du *Geological Survey*, et comme je n'ai pas étudié le gisement, il m'est impossible de fixer l'âge relatif de cette roche qui vient normalement se placer auprès des syénites.

Sa couleur est gris brunâtre ; à sa surface se distinguent les cristaux d'orthose, par le miroitement de larges surfaces de clivage. Les taches d'amphibole y sont petites et rares.

En section mince, la roche se montre très altérée. L'orthose est allongée suivant pg^1 et maclée suivant la loi de Manebach. L'albite qu'elle englobe, en assemblages micropertitiques, est disposée suivant h^1, et, par place, se substitue presque entièrement au minéral originel. L'amphibole est une variété vert foncé avec axes optiques très rapprochés. Le polychroïsme est insensible suivant n_g et n_m, directions auxquelles correspond le maximum d'absorption. Suivant n_p, le minéral est brun verdâtre clair. L'extinction maximum n'a pu être mesurée, par manque de lignes cristallographiques apparentes. On ne voit en effet aucun clivage ni cassure de direction régulière. Le quartz occupe les interstices à contours géométriques laissés par le développement des cristaux d'orthose. La roche est trop altérée pour permettre une analyse utilisable en vue du calcul des paramètres magmatiques.

B. — Diorites.

Ces roches sont très répandues, et les gisements en sont par endroits si rapprochés, qu'on est amené à les rattacher naturellement à des massifs très étendus, antérieurs aux granites roses ou rouges. Leur répartition est telle qu'avant d'être disloqués et percés par les granites, ils devaient constituer la

majeure partie des affleurement profonds de la Chaîne Arabique. En tous cas, ce sont les seuls témoins de roches anciennes que l'on retrouve partout en massifs, encore notables, disséminés au milieu des granites et des schistes. Ils ont cependant une tendance à être rassemblés par districts : c'est ainsi qu'ils se présentent dans la région du O. Kyd (Sinaï), du G. Doukhan, du O. Natasch, du O. Gemal. Ils sont en bosses ou en filons au milieu des schistes, ou en enclaves parmi les granites du O. Beli et du O. Yessar. Celles-ci varient de quelques décimètres à plusieurs centaines de mètres de largeur, et même, comme le montre la carte 5, ont parfois l'étendue de véritables petits massifs. Des massifs atteignant 10 kilomètres de long, comme celui du O. Oum-Sidri, percent ou tranchent la base des schistes; ailleurs (O. Kyd, O. Gemal, O. Natasch) ils injectent leurs filons dans les schistes ou ont été dynamo-métamorphisés au point de donner de véritables gneiss amphiboliques. C'est cela, d'ailleurs, qui justifie les deux séries de gneiss, telles que les a établies Hume.

La distinction des diorites et des granites est parfois si difficile, par suite de la présence constante du quartz dans les premières, que Barron et Hume ont confondu ces roches en une seule teinte, dans leurs cartes.

Les filons de diorites sont plus rares. On en observe cependant quelques-uns dans le G. Doukhan, notamment dans le O. Abou-Mâammal où l'un d'eux atteint quarante mètres de large et s'élève dans les *brèches vertes* et les grès qui font suite. Il est sectionné, au niveau des schistes, par le granite qui constitue le fond de la vallée, puis il se dresse irrégulièrement, on voit ses salbandes onduler sans être jamais parallèles, sur trois cents mètres en hauteur. Les Romains en ont exploité la pierre à flanc de montagne.

Le grain de ces roches est très varié, même dans un seul gisement, comme il est possible de s'en rendre compte dans le filon ci-dessus où l'on peut obtenir des pierres différentes d'aspect à des points très voisins. Mais c'est surtout à la répartition des éléments noirs qu'il faut attribuer les variations les plus importantes. D'un gisement à l'autre, et dans un même gisement, on passe rapidement d'une variété leucocrate à une autre mélanocrate, mais c'est surtout au contact normal de ces roches que ce dernier apparaît en même temps que diminue le grain. Le plus souvent, elles sont leucocrates, dans les gisements un tant soit peu étendus.

Les diorites sont souvent rougeâtres par imprégnation d'hématite ou de limonite, provenant de l'altération de l'amphibole. Si de l'épidote s'y superpose, elles prennent une teinte violacée ou verdâtre suivant l'abondance de ce minéral, et des produits ferrugineux diffusés dans les feldspaths.

L'examen de ces roches au microscope, permet de les diviser en quatre groupes différents, suivant la nature des feldspaths.

Diorite à oligoclase-albite. — Le gisement de cette roche est à Assouan où il constitue une immense enclave occupant, dans les granites de la région, une superficie d'environ 4 kilomètres de diamètre. Elle est mélanocrate, formée d'apatite, de titanomagnétite et de sphène, de biotite, de hornblende verte et d'oligoclase-albite. On y voit un peu de quartz. Le feldspath a des contours irréguliers, et les éléments colorés englobent pœcilitiquement les autres. La roche présente par endroits des nodules aplitiques avec quartz et microline qui se diffusent en elle, notamment à l'approche du contact normal ; s'il s'y joint de l'orthose, elle passe, par cette zone de transition aux granites noirs voisins.

Diorite à oligoclase-andésine. — Cette roche est grenue, d'un grain plus ou moins fin. L'apatite y abonde, en aiguilles ou en bâtonnets brisés et

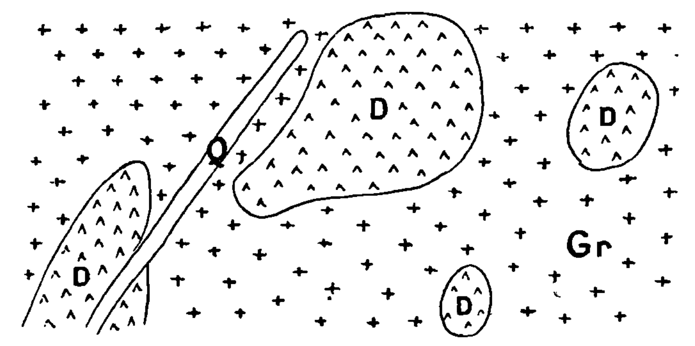


Fig. 33. — Enclave de diorite dans le granite (O. Gattar) ; D, diorite ; Gr, granite ; Q, quartz.

disloqués, dont les débris s'échelonnent linéairement, ou encore en petites massues de section circulaire.

La titanomagnétite est en cristaux automorphes ou irréguliers. Elle se décompose en ses deux minéraux constituants : magnétite et sphène groupés

en *leucoxène*. Par place, le minéral primitif disparaît, ne laissant plus que du sphène, tandis que la limonite résultant de l'altération de la magnétite se disperse dans la roche

Le sphène primaire se distingue de ce dernier par sa forme extérieure cristalline et son polychroïsme :

rose saumon suivant n_g et n_m.
jaune clair — n_p.

Ces minéraux sont communs à toutes les diorites.

L'oligoclase-andésine s'éteint à 10° dans la zone de symétrie ; il contient par conséquent 35 °/₀ d'An. Il est le plus souvent damouritisé ou épidotisé.

La hornblende se présente, dans ces roches, sous deux variétés différentes : l'une verte, l'autre actinolitique, presque incolore, provenant de l'altération de celle-là, qu'elle épigénise partiellement. Ses clivages sont serrés, ses contours irréguliers et en flammes, sa biréfringence faible (0,015) et son extinction maximum 22°. L'autre est d'origine primaire. Elle est caractérisée par sa plus forte biréfringence (0,022) et son polychroïsme ;

vert foncé suivant n_g.
— clair — n_m.
jaune ocre — n_p.

Les clivages sont grossiers et très accentués. C'est l'amphibole de toutes ces roches mais dans la plupart d'entre elles, il s'y substitue, par altération, la variété actinolitique, au point qu'il est très rare de rencontrer le minéral intact.

Ces diorites sont de beaucoup les plus abondantes. Ce sont elles qui constituent la presque totalité des gisements dans les districts dioritiques signalés ; les autres variétés de ces roches sont des exceptions.

Diorites micacées. — Un certain nombre de diorites sont micacées. Elles contiennent de larges cristaux de biotite, xénomorphe, peu polychroïque, sans inclusions, et parfois ramassée en fines paillettes autour de la magnétite. Cette biotite provient de l'altération de l'amphibole, et se décompose elle-même en vermiculite.

Diorite augitique. — Le dernier contrefort (troisième pic septentrional) du G. Doukhan contient une diorite semblable à la précédente, mais avec une faible quantité d'augite zonée, montrant, parmi les faces déterminables, la forme g^1 (010), $b^1/_2$ (111), peu ou pas clivée, avec des zones d'aspect granuleux provenant d'inclusions de magnétite. Sa coloration est d'un rose à peine sensible, comme celle de certaines des augites titanifères contenues dans les gabbros. Les zones riches en inclusions ferrugineuses sont plus colorées dans les tons jaune brun clairs avec un polychroïsme :

jaune brun suivant n_g
jaune brun clair — n_m et n_p
Absorption : $n_g > n_m > n_p$.

Ce minéral s'ouralitise en une auréole ou en flammes d'une amphibole asbestiforme verdâtre, mais d'une biréfringence relativement élevée (0,024) pour une amphibole de cette origine. L'extinction est sensiblement la même que celle du minéral frais qui est 20°. De même, les zones de ce dernier s'éteignent avec 2° environ de différence.

Dans ses parties les moins altérées, la hornblende possède des contours nets, aux angles adoucis, mais elle est elle-même, en son centre ou à sa périphérie, transformée en hornblende actinolitique et en biotite de couleur brune, très pâle. Aussi est-on autorisé à considérer ce minéral comme secondaire. Il en sera ainsi dans les labradorites et les dacites.

Ces diorites contiennent parfois des cristaux isolés de labrador et du quartz primaire.

Quelques gisements, en enclaves dans les granites du G. Gattar, donnent des roches très quartzifères, à grain fin, à feldspaths allongés, tendant à devenir automorphes ; leurs extrémités seules, incomplètement développées, sont arrondies. Cette structure est d'ailleurs fréquente dans les roches grenues d'un grain fin.

Diorite à labrador. — Je n'ai rencontré que deux gisements de ces roches parmi les enclaves de diorite du G. Gattar ; l'un deux paraissait, par sa forme allongée, être la partie centrale d'un filon épais. Sa composition est la même que précédemment, et sans biotite ; l'amphibole est une hornblende d'altéra-

tion vert bleuâtre provenant d'une autre hornblende de couleur vert brun, semblable à celle des diorites précédentes, et dont il reste quelques résidus épars dans la roche.

Le feldspath est du labrador Ab_3An_4.

Cette roche, ressemblant extérieurement aux précédentes, sa rareté n'est peut-être qu'apparente et ne tient sans doute qu'à la difficulté de la distinguer des autres ; mais l'abondance des labradorites auxquelles elle se rattache minéralogiquement permet toutefois d'en supposer les gisements plus nombreux.

Diorite à bytownite : (voir p. 144 : Anorthosites).

C. — Diorite pegmatoïde.

Il n'est pas rare de rencontrer, au milieu des roches précédentes, notamment à Samna, dans les carrières anciennes, et dans le G. Chanchaf, des filons ou des amygdales de diorites à gros éléments. Leur diamètre varie et ne dépasse guère 3-4 décimètres. La composition est celle des roches encaissantes ; elles offrent la particularité de n'avoir pas de salbandes définies : elles passent insensiblement, en quelques centimètres, à la roche normale. Ces anomalies doivent être considérées comme des faciès de variation locale du grain. Elles ont donné des pierres très recherchées par la statuaire égyptienne, et utilisées surtout comme vases ornementaux. Les gisements en doivent être nombreux, à en juger par l'abondance de ces vases ; mais le seul que je connaisse, ayant été exploité, est celui de Samma.

Les carrières anciennes du O. Abou-Mâammal possèdent quelques minces filonets d'une diorite à oligoclase-andésine, presque hololeucocrate représentant la forme aplitique de la roche dont ils ont la même composition minéralogique.

D. — Microdiorites.

Les filons de microdiorites sont en grand nombre au voisinage des massifs dioritiques, au milieu des schistes. Ceux que je décris ici proviennent tous du massif complexe du G. Doukhan. Comme précédemment, on distingue des

roches à andésine, d'autres à labrador. Les premiers de ces feldspaths sont rarement maclés, aussi leur détermination est-elle parfois pratiquement difficile, surtout celle des microlites. J'ai utilisé pour cela les angles d'extinction donnés par Fouqué, des sections perpendiculaires aux bissectrices, et rapportés au clivage *p*. Ces feldspaths voisins de l'andésine sont le plus souvent en plages xénomorphes.

Microdiorites à andésine. — Roches très variées d'aspect, à pâte généralement grisâtre avec des marbrures blanches ou gris-noir, sur le fond desquelles se détachent des phénocristaux blancs ou roses de feldspaths. Ceux-ci sont le plus souvent d'un blanc d'ivoire avec une zone centrale ou périphérique teintée. Les éléments noirs étant réduits à de l'amphibole et du mica, c'est la forme des feldspaths qui justifiera leur distinction en plusieurs variétés caractérisées ainsi :

a) grenue
b) hypéritique
c) ophitique.

Ces différents types sont indistinctement à amphibole ou à biotite et la quantité relative de ces éléments est très variable. Il est à remarquer que la pâte est d'autant plus sombre que le grain en est plus fin.

a) *grenue :* Roches grisâtres, leucocrates, avec de gros phénocristaux d'andésine, noyés dans une pâte finement grenue, mais contenant parfois des houppes d'andésine à extinctions roulantes. Les phénocristaux sont automorphes, à contours irréguliers. Ils sont parfois très dentelés, rappelant par leur forme celle des feldspaths de roches métarmorphiques ou d'enclaves énallogènes des granites.

Éléments colorés : amphibole verte ou biotite.

b) *hypéritique :* Ce terme est employé pour désigner la tendance des feldspaths à s'aplatir comme dans les gabbros hypéritiques. Le plus souvent, les microdiorites de cette forme n'ont pas de phénocristaux, ou n'en possèdent qu'un petit nombre. Ils peuvent donc échapper dans les sections minces et n'être visibles qu'à l'œil nu. Pour peu que l'allongement de ces cristaux s'accentue, la roche tendra vers une ophite. On n'y distingue seulement que des macles de Carlsbad.

c) *ophitique :* C'est un type mixte, à andésine et labrador disposés en lames enchevêtrées et allongées. Le dernier de ces feldspaths est bien maclé suivant les lois de Carlsbad et de l'albite, mais les autres ne le sont que suivant la loi de Carlsbad, et se montrent partiellement albitisés suivant leur bordure. Les feldspaths sont enveloppés par de l'augite ou de l'amphibole auxquelles s'est substituée une hornblende actinolitique dont les flammes sont d'ailleurs répandues dans toute la roche, mélangées de dendrites d'hématite.

Quelques-unes de ces roches ont du quartz en quantité variable, mais la plupart en sont exemptes. Toutefois, le calcul des analyses en donne une quantité notable.

Microdiorite à labrador. — En enclaves dans le granite au voisinage des diorites de même composition minéralogique. Cette roche est à grain fin, noire ou grisâtre ; elle est le plus souvent parsemée de taches noirâtres, micacées à contours estompés. C'est une forme microgrenue, mais à un seul temps de consolidation, rarement deux temps. Les phénocristaux ont, dans ce cas, la composition Ab_3An_4, et les microlites allongés sont un labrador plus acide : Ab_1An_1. L'augite, en partie ouralitisée en amphibole actinolitique peu biréfringente, est dispersée comme précédemment dans la roche. La biotite est rare et altérée en pennine.

Le labrador est zoné d'anorthite ; l'apatite, la titanomagnétite et le sphène sont toujours abondants dans ces microdiorites et le quartz rare.

Analyses des différents types de diorites :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	MnO	P^2O^5	P. F.	Total.
a	52,6	16,2	1,45	11,05	1,0	3,4	7,3	4,1	1,7	n. d.	0,6	0,65	100,05
b)	59,0	17,8	1,5	3,3	1,0	2,9	7,3	4,65	2,1	n. d.	n. d.	0,9	100,45
c)	58,3	18,0	4,5	2,0	1,0	2,3	5,5	5,4	1,7	n. d.	n. d.	1,8	100,5

a) Diorite d'Assouan : II (III). 5. 3. 4.
b) Diorite à labrador du O. Yessar : II. 5. 3. 4.
c) Microdiorite du G. Doukhan : "II. "5. 4(5). 4".

Les analyses b) et c) ont été effectuées sur des roches à feldspaths damouritisées, altération commune à la plupart des roches les plus anciennes.

E. — Anorthosites.

La présence des anorthosites en Égypte nous est révélée par la statuaire des premières dynasties. C'est dans cette pierre qu'ont été taillées la plupart des statues de Khéfren ; puis l'usage en disparaît avec cette époque. J'ai déjà essayé d'en rechercher l'origine[1] : différentes observations faites tant dans les gisements de diorite que sur les roches d'Assouan, ainsi que la présence dans les tailleries de pierre de l'île d'Éléphantine de fragments de cette roche, m'avaient permis d'en conjecturer les carrières non loin de cette localité. Or, ainsi qu'on le verra par la suite, des observations nouvelles viennent confirmer ma première impression.

La roche de ces statues est très variée d'aspect comme de composition. Les plus belles d'entre elles sont presque entièrement blanches, semées seulement de taches allongées et parallèles d'éléments noirs et ressemblent à un gneiss. Le grain en est si fin, que, le miroitement des clivages de feldspath aidant, la pierre a l'aspect d'un marbre tacheté. Mais dans un même bloc, la quantité d'éléments noirs varie au point de montrer tous les passages à une roche mélanocrate, c'est-à-dire à des types de diorite. Le caractère gneissique disparaît alors, car, ce qui le donne à la roche, c'est uniquement la faible quantité de hornblende qui accentue la disposition allongée et parallèle de ces nids ferromagnésiens.

En section mince, sa structure est granulitique c'est-à-dire apparaît comme une mosaïque régulière de feldspaths à contours polygonaux, au milieu desquels sont dispersés des cristaux ou des agglomérats de hornblende. Des minuscules cristaux de sphène et de quartz sont englobés par les précédents.

Le feldspath est de la bytownite dont l'extinction maximum à 43° révèle un minéral à 70 °/₀ d'An. Il est d'un blanc pur avec de très rares macles suivant la loi de l'albite.

La hornblende appartient à la variété vert sombre ; c'est le dernier apparu des minéraux de la roche, aussi englobe-t-il *pœcilitiquement* des grains de bytownite. Par altération, elle donne des flammes de hornblende actinolitique vert pâle, et de la pennine.

La densité de la roche est 2,75 ; c'est également celle de la bytownite, ce

1. J. Couyat, *Les Anorthosites des statues de Khéfrén*, *B. S. Fr. Min.* XXXI. 1908, p. 273.

qui n'a rien de surprenant, la roche étant presque hololeucocrate. D'ailleurs, sa composition chimique, que voici, confirme l'analogie que met encore en évidence celle d'une bytownite semblable de Norvège :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P. F.	Total.
a)	47,7	32,8	0,9	0,4	0,15	15,5	2,0	0,5	0,5	100,45.
b)	48,9	33,2	»	»	»	15,2	3,3	»	»	100,7.

a) Anorthosite égyptienne.
b) Bytownite de Närodal par Lüdwig.

Classification : I. 5.(4)5. 4(5).

Le calcul y révèle un plagioclase à 79 % d'An., dont l'extinction maximum, dans la zone de symétrie, est 50°.

Si le gisement de cette roche est perdu, il est néanmoins possible de le soupçonner au voisinage d'Assouan, en se basant uniquement sur la composition pétrographique de cette région.

J'insiste tout d'abord sur le passage insensible dans le même gisement des anorthosites aux diorites. L'étude de celles-ci nous a montré que, dans une même contrée, se rencontrent côte à côte des types variés, à feldspaths acides ou basiques, à éléments noirs variant également en quantité. Ce caractère est commun avec les anorthosites ; on peut considérer ces roches comme un troisième terme, le plus feldpathique, de la série dioritique.

Or, le voisinage d'Assouan possède des roches de même composition minéralogique, de même structure, mais plus riches en éléments noirs. Les gisements donnent aussi des variations notables dans la diffusion de l'amphibole ; mais c'est plus loin, dans les gneiss de Khor-Basil que le terme hololeucocrate a la plus grande tendance à se former, et il se présente toujours sous une forme leptynitique.

Khor-Basil. — Cette localité est au km. 54, au sud du barrage d'Assouan, et sur la rive droite du Nil. Ball y signale des diorites [1], mais ces roches n'existent que sous la forme de filons dans les gneiss.

Ceux-ci sont noirs, compacts, disposés en bancs épais auxquels ils doivent leur aspect stratifié ; ils sont inclinés de 30° vers le S.-O., et s'étendent sur plus de deux kilomètres à l'intérieur.

1. *Report on the Gebel Garra and the oasis of Kurkur*, Le Caire, 1902.

Le grain de ces roches est très fin ; on y distingue deux types différents : l'un micacé, l'autre amphibolique sans caractères extérieurs différentiels. Ils sont très feldspathiques, et si peu quartzifères qu'ils ressemblent plutôt à une diorite quartzifère gneissiforme.

Le zircon et le sphène y sont en abondance ; le feldspath est représenté par de l'andésine à 35 % d'An., peu maclée suivant les lois de l'albite et de la péricline ; dans le type amphibolique, l'élément coloré est uniquement représenté par de la hornblende vert foncé ; le quartz, en cristaux arrondis de première consolidation, se présente donc comme celui des gneiss. Dans le type micacé, le feldspath est plus acide, et varie de l'oligoclase à l'oligoclase-andésine ; le quartz y est en plages irrégulières à contour très déchiqueté. C'est un gneiss granitoïde.

En d'autres endroits, de la bytownite apparaît dans l'un ou l'autre de ces deux types ; dans la région d'Assouan, certains gneiss sont uniquement constitués par ce feldspath et de l'amphibole.

La forme leptynitique de ces roches a la même composition. Elle se présente en larges bandes à section rubanée, qui suivent les plans de séparation des couches gneissiques, ou les traversent. On la voit aussi en lentilles de quelques mètres de long, épaisses de 50 à 60 centimètres au maximum. A leurs salbandes elles donnent, comme les diorites, une roche plus riche en éléments colorés. Les unes sont micacées, les autres amphiboliques. Celles-ci, formées de larges plages d'andésine et de hornblende, se rapprochent le plus des anorthosites ; la grande abondance de quartz les maintient dans les formes aberrantes voisines des aplites.

Celle de ces roches correspondant au gneiss à bytownite m'a échappé ; mais il est probable qu'en multipliant les sections des roches de ce gisement, l'on arriverait à trouver des formes peu quartzifères et à feldspath plus basique que les précédents, car le *Geological Survey of Egypt* possède des roches à bytownite, non quartzeuses, provenant de ce même gisement, et recueillies par Ball.

O. Schellal. — La vallée de Schellal, au S.-O. d'Assouan, va nous donner un développement intéressant de diorites à bytownite auxquelles se rattachent certainement les anorthosites en question, car nous trouverons dans ces roches une grande similitude de composition et de structure.

Ces diorites sont désignées par un quadrillé rouge dans la carte de Ball [93]. Elles passent, au delà, à un gneiss de même nature. Les éléments colorés y sont en quantité variable. Elles sont donc grises ou noires. Prenons comme type celle qui s'étend au-dessous d'une petite construction en bois couronnant l'une des collines qui bordent la rive orientale de la vallée. La cassure est d'un éclat gras, la roche est mésocrate, mais avec une répartition inégale de ses éléments colorés. Ceux-ci sont représentés par de la hornblende et un peu de biotite d'une variété brun clair. La hornblende est vert bleuâtre peu biréfringente et s'éteint sous un angle de 25°. La magnétite est disposée en fines granulations dans les minéraux précédents, et donne parfois, à son contact avec eux, une zone irrégulière de biréfringence plus élevée, montrant par là que l'amphibole est devenue plus ferrugineuse au voisinage de cet élément. Elle englobe des cristaux de zircon et des plages arrondies de quartz, tend à devenir automorphe, donnant des sections losangiques répondant aux faces *mm*, mais sans extrémités nettes. La pâte feldspathique, consolidée en dernier lieu, est grenue, avec des cristaux polygonaux de bytownite. Les macles y sont très rares et s'éteignent sous un angle maximum de 43° dans la zone de symétrie, révélant un plagioclase à 70 °/₀ d'An.

La même roche s'insinue dans les gneiss sous forme de minuscules filons qui en épousent la sinuosité ; la composition et la structure n'ont pas varié ; la biotite a disparu, mais par contre, le sphène et la titanomagnétite (leucoxène) y sont très abondants, disposés en grappes ou en gouttelettes arrondies. Il n'existe pas non plus la moindre trace de quartz. Parfois le feldspath descend à du labrador très basique Ab_3An_4.

Il nous faut donc considérer cette roche comme un des faciès des anorthosites ; il y a certainement identité de magmas, en tenant compte toutefois de la variation des éléments noirs, caractère commun à toutes les roches dioritiques. Et ces variations atteignant des pôles hololeucocrates, à en juger par ce qui se passe dans les gisements de diorites, peuvent se présenter dans un même gisement. Une autre forme apparaît dans les injections leptynitiques ; aussi que ce soit sous la forme d'un filon ou d'un faciès de variation du magma d'un même massif, l'analogie n'en subsiste pas moins.

Il y a tout lieu de croire que les carrières d'anorthosite desquelles ont été

extraites les pierres qui furent recherchées autrefois par la statuaire égyptienne seront découvertes un jour sous les sables qui obstruent la vallée et masquent le pied des collines où sont les diorites. Ces roches-ci qui affleurent sur quatre kilomètres carrés environ, sont en partie recouvertes de dunes, concentrées en cette région dans les petites vallées qui ravinent le sol ; aussi ne peut-on les observer qu'aux rares endroits où elles émergent des sables.

F. — Gabbro.

Les gabbros sont extrêmement rares dans tout le désert ; je n'en puis mentionner que deux gisements, mais l'abondance des labradorites permet de les supposer plus répandus ; toutefois, rien dans leur aspect extérieur ne trahit leur présence, aussi passent-ils inaperçus. L'un est situé dans l'île Zébirget, l'autre au Ouadi Ghoussoun dans les collines du sud. L'île Zébirget est située dans la Mer Rouge 90 kilomètres au sud-est de l'ancienne Bérénice ; les cartes marines la mentionnent sous le nom d'île Zébirget, ou de St. John. C'est un îlot de six kilomètres de long, au centre duquel s'élève un pic arrondi qui représente le gisement de la péridotite.

Ile Zébirget. — La roche est noire ; les feldspaths paraissent enfumés tellement la schillérisation y est intense.

En section mince, on les voit formés de labrador $Ab_1 An_1$ d'augite et de hornblende.

Les feldspaths ont une tendance à s'allonger, donnant à la roche un faciès hypéritique ; ils sont zonés par des bandes plus basiques et entièrement couverts, jusqu'à une distance voisine de leur périphérie, d'un pigment noir très fin et très abondant. Ils sont maclés suivan les lois de Carlsbad, de l'albite et de la péricline. L'augite est titanifère, légèrement polychroïque ou colorée en rose. Il s'en présente aussi d'incolore, ouralitisée en partie, et pénétrée aussi de larges plages d'amphibole brune qui ne paraît pas devoir être attribuée à un minéral secondaire. Elle entoure également les cristaux d'augite, ou se localise à leur intérieur, en un réseau grossier. Elle est polychroïque en :

brun foncé suivant n_g

bleu verdâtre — n_m
brun clair — n_p.

Mais on voit aussi une autre hornblende d'une espèce différente moins biréfringente, polychroïque dans les tons bleuâtres, et qui est le résultat de l'altération de l'augite. C'est la même que celle des diorites. Elle est disposée en plages occupant les espaces compris entre les feldspaths, ou en flocons informes dispersés dans la roche.

La décomposition de ces minéraux donne de la delessite, et les particules de magnétite sont partiellement altérées en gœthite.

D'autres plaques nous montrent une roche plus riche en pyroxène, moins transformée, ayant également de l'augite titanifère et de l'augite non titanifère. Le premier de ces minéraux est très polychroïque dans les teintes suivantes :

rose saumon suivant n_p
vert clair — n_g et n_m.

Il est à remarquer que la coloration disparaît avec l'ouralitisation du minéral. Les deux roches proviennent du même gisement, et celle qui se présente sous la forme d'une hypérite, n'est qu'une variation locale de l'autre, ou inversement, marquant dans le magma des différences dues à la lenteur de la cristallisation.

Ouadi Ghoussoun. — A trois quarts d'heure du ouadi Ghoussoun, sur la route qui conduit à Bérénice, et à droite du chemin passant par Abou-Ghalga, un petit mamelon apparaît dans les schistes, mis en évidence par son grain grossier qu'une décomposition superficielle rend encore plus apparent au milieu des roches dont le grain est très fin et la surface lisse.

C'est un des rares exemples de gisement apparent au milieu de cet ensemble schisto-dioritique dans lequel une patine noire uniforme confond toutes les roches dénudées.

Celle-ci est un gabbro typique, mais altéré. Il est comme le précédent noirâtre, avec des feldspaths grenus si intensément schillérisés qu'ils se confondent, à l'œil nu, avec les éléments colorés.

La roche est essentiellement formée de labrador et de hornblende. Ce

minéral est transformé en pennine et épidote, dispersés en cristaux irréguliers très polychroïques, l'un en vert suivant n_g et jaune suivant n_p, l'autre dans les tons jaunes.

La hornblende est vert foncé et primaire ; il en reste encore des parcelles non altérées, montrant un polychroïsme intense dans les tons :

vert brun suivant n_g et n_p .
jaune brun clair n_m.
avec absorption maximum suivant n_p.

Celle qui résulte de son altération est vert pâle, peu réfrigente, peu biréfringente et actinolitique au centre. Le polychroïsme est assez peu sensible et dans les tons clairs :

vert suivant n_g et n_p
jaune — n_m.

Le labrador est de composition Ab_3 An_4. Les pigments qui le schillérisent sont suffisamment développés pour qu'on y puisse reconnaître du rutile. Il est disposé en lignes pointillées ou en lamelles aplaties à forme cristalline nette.

Des cristaux de hornblende verte, à bords estompés, naissent dans la pâte feldspathique ; ils ont une forme extérieure qui tend vers la combinaison *p* (001), *m* (110), et sont par leur aspect comparables aux micas naissants de Michel-Lévy. Des inclusions quadratiques d'actinote sont régulièrement alignées dans les feldspaths. La roche est riche en magnétite altérée en limonite.

G. — Dunite.

Ile Zébirget. — L'île Zébirget est intéressante en ce qu'elle donne sur un petit espace des roches variées et rares. On devine l'intérêt qu'offrirait une étude plus approfondie de cet îlot, malheureusement il est devenu inaccessible depuis que l'on a commencé à extraire le péridot ou chrysolite pour le répandre dans le commerce.

J'ai pu cependant obtenir un certain nombre de roches de cette localité, à

une époque où l'on y attachait peut-être moins d'importance. Quant aux chrysolites, on peut en trouver de toute dimension entre les mains des Arabes de Suez ou de Tôr; mais comme ils sont sans valeur marchande, ils ont été recueillis sans soins et brisés, ce qui leur enlève beaucoup d'intérêt cristallographique, les combinaisons n'étant plus complètes sur un même cristal. Il est possible néanmoins de les reconstituer, par la facilité que l'on a d'en comparer des fragments différents.

La gemme provient d'une dunite, d'aspect rougeâtre, compacte, dure, entièrement formée d'olivine en larges plages, sillonnée par un réseau à mailles étroites d'antigorite, et semée de flocons de magnétite. Dans les fissures de la serpentine ont cristallisé de la dolomite et de la gymnite.

La roche est très altérée : à sa superficie, elle montre une couche de quelques centimètres, formée d'une antigorite verdâtre, savonneuse au toucher, et assez nickélifère, pour qu'après dissolution, le nickel s'y puisse révéler par la coloration violette que donne l'ammoniaque.

En profondeur les géodes y sont nombreuses et de tailles diverses ; elles sont tapissées de beaux chrysolites de formation secondaire. La serpentine a donné aussi, par recristallisation, des cylindres vermiculés de népouite d'un beau vert, et de la gymnite reconnaissable à ses propriétés optiques. Enfin, le dernier stade de l'altération donne une faible quantité de dolomie et de texasite.

La description des cristaux de chrysolite a été faite ailleurs [1] ; je rappelle leur composition qui me paraît donner une idée de celle de la roche mère dont l'altération par trop profonde rend l'analyse inutile.

SiO^2	MgO	FeO	MnO et NiO	Al^2O^3	P. F.	Total.
41,3	48,9	9,0	0,8	»	0,15	100,15.

H. — Norite à Olivine.

Ile Zébirget. — La roche de ce gisement est verdâtre, très dure, à bords translucides, légèrement altérée à sa superficie, suffisamment cependant pour mettre en évidence les cristaux de pyroxène sur sa surface ocracée.

Les divers éléments, olivine et pyroxène sont xénomorphes et à contour très déchiqueté ; la roche a subi des actions dynamiques, l'olivine montre des

1. *B. S. Fr. Min.* XXXI, 1908, p. 344.

extinctions roulantes. Le pyroxène est représenté par de l'enstatite à fins clivages à cassures transversales faisant avec h^1 un angle de 30° et disposées suivant une face voisine de $e\ ^5/_4$ (045). Le minéral a subi un commencement d'ouralitisation ; son altération donne également de l'amphibole verdâtre en aiguilles régulièrement dispersées.

Le feldspath est plus basique que les précédents : c'est de la bytownite. Il se présente en petites plages remplissant les espaces laissés par les autres minéraux ; les mâcles de l'albite y sont imparfaitement développées et irrégulières.

La picotite s'y présente en globules extrêmement ténus, opaque aux endroits les plus épais, brun foncé dans les parties minces.

La roche est donc une norite à l'olivine. Ce minéral étant très abondant, elle passe aux péridotites, forme une variété intermédiaire entre les harzburgites et les norites, de même que, par sa faible quantité de pyroxène, elle montre un terme moyen entre les norites et les troctolites. Parfois, le diallage se substitue à l'enstatite, et l'on passe à un gabbro à olivine. Son aspect est le même que celui de la roche précédente : elle a la même structure, contient beaucoup de picotite et s'ouralitise. Enfin, ces deux types passent de l'un à l'autre, donnant une wehrlite. Toutes ces transitions se présentent dans le même gisement, et sont autant de faciès de variation de la péridotite ; il est regrettable que l'on ne puisse préciser ces variations dans le magma, et en établir les relations. On a en somme :

Abondance de péridot : tendance vers une	péridotite
Apparition d'enstatite..................	harzburgite
Enstatite et diallage...................	lherzolite
Avec feldspaths.........................	gabbro et norite
Augite, diallage........................	troctolite.

I. — Webstérite.

Un autre type de roche de l'île Zébirget, holomélanocrate comme la dunite, est représenté par une webstérite montrant une association de pyroxène et d'amphibole en lits parallèles. La roche est grenue, zonée en lits d'un vert différent, peu tenace. L'augite est verte presque incolore en

petites plages xénomorphes, non polychroïque. Elle est rassemblée en lits très réguliers, tandis que l'enstatite, qui forme les lits intermédiaires, est plus finement grenue, avec des cristaux largements développés qui émigrent dans les régions voisines pyroxéniques. Ils sont criblés de fines inclusions amorphes, on constate que ces inclusions leur sont particulières et ne se rencontrent pas dans les petites plages.

L'augite a généralement une tendance à s'allonger.

Cette roche contient une assez grande quantité de picotite en fins globules le plus souvent rassemblés en nids.

Dans cette même roche apparaissent des parties entièrement formées de hornblende verte, presque incolore en section mince, et finement grenue, comme précédemment. L'augite y est très rare, en cristaux arrondis disséminés dans les précédents.

Composition chimique :

SiO^2	Al^2O^3 .	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P. F.	Total.
51,83	8,39	0,70	2,00	0,30	19,87	13,48	2,42	0,19	0,56	99.74.

Classification : IV. 5. 3. 5 [*1. 2* (*3*). *2. 1*].

Faute de renseignements précis, l'on ne peut se livrer qu'à des conjectures sur le gisement de cette roche. La présence, à Sekkét, de lits énormes d'amphibole, de mica etc. au milieu de micaschites et de schistes, permet de supposer une analogie de gisement et de considérer ces roches comme de puissantes injections leptynitiques au milieu des schistes dans une région dont les norites précédentes accusent un dynamométamorphisme intense.

J.—Amphibololite.

Le granite d'Assouan, près du Barrage, contient des enclaves de roches intermédiaires entre les amphibololites et les diorites. Elles sont mélanocrates, essentiellement constituées par de la hornblenbe et du labrador, avec la structure des anorthosites précédentes ou celle des beerbachites. On y voit un peu de biotite à forme pœcilitique. Les minéraux accessoires sont : apatite, magnétite et sphène.

Les amphibolites sont fréquentes dans le désert Arabique, mais leur caractère gneissique les exclut de cette étude uniquement consacrée à la description de roches éruptives.

Analyse :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P^2O^5	P. F.	Total.
46,19	18,75	0,60	9,87	1,65	6,50	12,36	2,43	1,02	n.d.	1,09	100,46

Classification : II (III). 5. 4. 4.

CHAPITRE VI

TROISIÈME SÉRIE ÉRUPTIVE
ROCHES EFFUSIVES
DACITES, DACITOÏDES ET LABRADORITES

Les termes microlitiques auxquels aboutissent par épanchement les magmas dioritiques donnent également des roches différentes correspondant aux précédentes et variant des dacites aux labradorites. Ces roches sont intéressantes mais inégalement conservées ; les labradorites ne sont jamais en bon état, bien qu'inaltérées en apparence ; par contre les dacites possèdent des variétés que la finesse de leur grain a rendues assez résistantes pour montrer des minéraux non décomposés.

§ 1. — **Minéraux constituants.**

Leurs minéraux essentiels sont : le labrador, l'andésine, la hornblende, la biotite ;

Les minéraux accessoires : apatite, magnétite et quartz ;

Les minéraux d'altération : muscovite, damourite, calcite, épidote et withamite, limonite, sphène, biotite, hornblende actinolitique, vermiculite.

Feldspaths. — L'andésine des dacites est maclée suivant les lois de Carlsbad, de l'albite et de la péricline visibles seulement dans les phénocristaux, ce qui en rend la détermination aisée ; mais dans les microlites où aucun de ces caractères courant n'est sensible, et où manquent même les traces des clivages comme aussi un allongement utilisable, on doit avoir recours à l'étude de leur réfringence pour leur détermination précise.

Les phénocristaux s'éteignent sous un angle maximum de 17° dans la zone de symétrie ; ils correspondent donc à un feldspath contenant 40° d'An. Ils sont le plus souvent altérés en damourite, épidote et calcite.

Les microlites appartiennent à une andésine très voisine de celle-là, mais ce qu'ils montrent de plus intéressant c'est leur texture qui permettra de distinguer différents types dans les dacites.

Le labrador des labradorites oscille entre les deux variétés extrêmes dont la composition est exprimée par les formules suivantes : Ab_1 An_1 et Ab_3 An_4 donc à 50 °/₀ et 57°/₀ d'An ; dans une même roche leur composition varie des phénocristaux aux microlites. Et ces différences sont d'autant plus sensibles que ces minéraux présentent toujours des macles de l'albite bien développées qui en rendent la détermination rigoureusement précise.

Voici, à titre de document, la composition des andésines précédentes, d'après une analyse de Delesse a) comparée à l'une des miennes b) :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P.F.	Total.
a)	58,92	22,49	0,75	0,6	18,7	5,53	6,3	0,93	1,66	99,68
b)	63,7	19,0	1,8	»	1,6	4,3	5,8	2,3	1,2	99,7

La composition calculée de ces feldspaths répond aux formules Ab_2 An_1 et Ab_3 An_1, comme l'indiquent les résultats suivants :

orthose :	5,55	13,3
albite :	58,15	49,3
anorthite :	22,24	21,41

Le labrador est trop altéré pour pouvoir être utilement analysé.

Hornblende. — Les dacites contiennent la hornblende la moins altérée ; aussi est-ce dans ces roches qu'il sera le mieux possible d'étudier les caractères de ce minéral. Il en existe certainement plusieurs variétés d'ailleurs très voisines autant qu'il est possible de s'en rendre compte par la comparaison de leurs polychroïsmes variés, de leur réfringence et de leur biréfringence. Mais ailleurs que dans les dacites, une altération inégale explique souvent ces différences. Ces minéraux sont, le plus souvent, de très petite taille et les difficultés que l'on éprouve à les séparer du reste de la roche m'ont interdit d'en faire l'analyse ; quant aux plus gros, les modifications résultant de leur altération partielle en rendent l'analyse sans intérêt.

Les phénocristaux ont la combinaison p (001), m (110), g^1 (010), h^1 (100), $b^{1/2}$ (111). Leurs propriétés optiques les rapprochent des résidus non altérés

que l'on rencontre encore dans les diorites ; ils sont très polychroïques dans les tons suivants :

vert olive très foncé suivant n_g
jaune brunâtre — n_m
vert olive clair — n_p

C'est une amphibole ferrifère ayant souvent des zones de colorations différentes, le clivage est peu accentué ; les macles suivant h^1 (100) sont par contre fréquentes. La biréfringence est 0,024 et l'extinction maximum de 22°.

L'altération est la même que dans les diorites ; le minéral formé est dispersé dans la roche ou épigénise partiellement l'ancien, tout en conservant la même direction. Les différences dans ces produits d'altération ne peuvent être dues uniquement qu'à leur quantité variable de fer, ainsi qu'à ce qui reste d'alumine qui n'est pas absorbé par la formation de l'épidote. L'on aura ainsi des hornblendes vertes et d'autres incolores.

La première rappelle celle des diorites, les cristaux en sont très dentelés et englobent les autres minéraux de la roche ; ils sont aussi disséminés en bâtonnets dans la pâte ou agglomérés en plages palmées.

D'autres sont actinolitiques ; les clivages en sont accentués et même disloqués donnant l'aspect d'une agglomération de fines aiguilles.

La hornblende incolore se substitue à l'ancienne, conserve la même direction et sensiblement la même extinction ; sa biréfringence est voisine de celle du quartz : 0,010.

Il est regrettable que la petite taille et le manque d'homogénéité de ces minéraux en rende l'étude difficile, car il eût été intéressant de comparer avec précision les variations optiques correspondant aux différences de composition.

Analyse d'une hornblende extraite des porphyres rouges :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P.F.	Total.
44,5	12,5	12,2	4,0	1,5	11,1	9,5	3,9		0,5	99,7

La magnétite est également manganésifère, car en d'autres roches (microgranites) nous verrons par la suite que c'est à son contact avec les plagioclases, que se forme, par altération, de l'épidote manganésifère tandis que l'épidote verte, polychroïque, a son origine dans la décomposition

simultanée du feldspath et des éléments ferromagnésiens. On peut donc se demander si, dans le cas présent, où l'épidote manganésifère accompagne aussi les éléments de décomposition de ces roches, son origine n'est pas aussi due à une magnétite de même nature ; malheureusement, il est difficile de le confirmer par des essais chimiques, les oxydes de fer étant dans la roche d'une ténuité qui en rend la séparation impossible. En tous cas, il faut remarquer que la décomposition de la magnétite et la formation de withamite sont toujours simultanées, et indépendantes de l'amphibole qui peut être ou non altérée.

Biotite. — Ce minéral est très rare, sauf dans les labradorites où il est à peu près constant. Malgré sa répartition uniforme dans ces roches, il doit être considéré comme un minéral d'altération de l'amphibole ; d'ailleurs, il est souvent associé à celle-ci, donnant des amas qui épigénisent en partie la hornblende verte, soit par son centre, soit par sa périphérie. Elle est de couleur brunâtre, claire, et à peu près incolore suivant n_p ; sa biréfringence est également faible.

Calcite. — La formation de calcite paraît provenir de l'altération en mica de l'amphibole et serait comme le complément des produits formés, car elle se trouve surtout dans les espaces laissés par la disparition de la hornblende ou au voisinage de ce minéral quand il subit un commencement d'épigénisation par la biotite.

Vermiculite. — Une seule des andésites provenant des carrières situées sur la rive gauche du ouadi Abou-Mâammal, a montré de la vermiculite comme élément de l'altération de la hornblende. C'était un porphyre bréchoïde, dont la pâte contenait en effet de belles aiguilles d'amphibole en partie épigénisées par ce minéral qui s'insinue dans les plans des clivages de larges cristaux de muscovite.

La vermiculite ainsi formée est biaxe et négative, mais l'angle des axes comme dans la biotite est très faible. La coloration est celle de la hornblende basaltique ; le polychroïsme est moins intense comme le montrent les variations suivantes :

brun-rouge		suivant	n_g
—	plus clair ;	—	n_m
jaune ocre		—	n_p.

Muscovite. — Le mica blanc est répandu en fines paillettes isolées dans la pâte de ces roches, mais provient surtout de la *damouritisation* des feldspaths. Le cas précédent est le seul où le minéral ait une taille notable. L'altération la plus fréquente des feldspaths donne une matière colloïdale teintée en rouge par un fin pigment d'oxyde de fer visible par réflexion.

Hématite. — L'hématite provient le plus souvent de résidus que donne l'altération de l'amphibole qui laisse un squelette de ce minéral en disparaissant. Sa forme est celle de petits globules agglomérés qui conservent dans leur ensemble celle de l'ancien minéral altéré; souvent même, la présence de l'amphibole est trahie dans ces roches par ce résidu apparent à forme aciculaire ou cristalline. Son altération donne de la limonite en paillettes rougeâtres isolées au milieu des éléments de la pâte.

Apatite. — L'apatite mérite une attention spéciale parmi les minéraux constituants des dacites, car elle est très abondante, en minces aiguilles ou cristaux à contours arrondis, le plus souvent colorés en rose par de l'oxyde de fer.

Sphène. — La présence d'un sphène en plages chagrinées et incolores parmi les produits de décomposition de la hornblende permet de soupçonner de la titanomagnétite dans ces roches.

Withamite et *épidote verte.* — La withamite, variété rare d'épidote, est abondante. Je rappelle qu'elle est monoclinique, biaxe et de signe positif, allongée dans la direction de n_m, s'éteignant par conséquent dans le sens de sa longueur, sans contours cristallins, disposée en amas floconneux que leur coloration seule permet de différencier avec l'épidote qui l'accompagne dans ces roches. Elle est légèrement attaquable par les acides en laissant de la silice pulvérulente : la liqueur donne naturellement les réactions du fer, du manganèse, de la chaux et de la magnésie. Je n'en puis donner la composition exacte car le minéral est si ténu et si intimement mélangé aux éléments de la roche qu'il est impossible de pouvoir en séparer une quantité suffisamment pure pour l'analyse. Voici les résultats obtenus b) par les essais opérés sur 0 gr. 200 de ce minéral, comparés a) à ceux donnés par Heddle de la Withamite de Glencoë :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MgO	CaO	MnO	KO^2+Na^2O	P.F.	Total
a)	43,23	23,09	6,68	1,13	0,88	20,0	0,14	2,15	2,40	99,7
b)	40,8	46,3			3,1	10,3				

Polychroïsme : rouge lilas suivant n_g
rose clair — n_m
jaune clair — n_p.

Les propriétés optiques de ces épidotes varient d'une roche à l'autre, sans trop s'écarter toutefois du type de Glencoë ; la biréfringence, cependant, comme celle des autres épidotes change considérablement, tantôt voisine de 0,040, tantôt approchant de celle du quartz. Le polychroïsme est parfois imperceptible ; ces deux propriétés étant parallèles, il y a certainement une relation entre elles, s'expliquant par des variations vraisemblables de la quantité de fer, et la présence de manganèse dans l'une d'elles.

L'épidote n'a rien de différent de ce que nous avons vu dans les roches précédentes, c'est-à-dire qu'elle est incolore ou polychroïque dans les tons jaunes plus ou moins foncés avec maximum d'absorption suivant n_m et minimum suivant n_p. Sa biréfringence est extrêmement variable. Le minéral est régulièrement dispersé dans toutes les roches, ou apparaît en filonets qui imprègnent les schistes voisins au point d'en masquer entièrement la composition, donnant ainsi de véritables épidotites. Je n'ai pas trouvé de beaux cristaux de ce minéral, montrant des formes cristallines nettes.

§ 2. — Description des roches.

A. — Dacite et Dacitoïde [1].

Les dacites anciennes sont très répandues dans les massifs schisteux des G. Doukhan et G. Oum-Sidri. Ce sont, avec les diorites, les plus fréquentes des roches, mais la similitude de couleur avec les schistes et la compacité de ceux-ci, due à la disparition de leur schistosité, en rend la recherche difficile, surtout quand le grain est fin et dépourvu de phénocristaux ; les schistes gréseux, en beaucoup d'endroits, ressemblent à s'y méprendre à ces roches qui, comme lui, sont criblées d'épidote. C'est pourquoi on ne connaît que quelques gisements où la présence de phénocristaux permet déjà de diagnos-

1. Cf. A. Lacroix, *Dacites et dacitoïdes...*, *C. R.* **168**. 1919, p. 297.

tiquer à l'œil nu la nature de la roche et où se présentent des filons en saillie dans la roche encaissante. La similitude est telle, que dans leur carte de la région du G. Doukhan, Barron et Hume signalent comme roche andésitique une partie du noyau schisteux qui surmonte le granite en cet endroit. Et c'est ce qui explique aussi le désaccord existant entre les différents observateurs qui ont étudié les gisements ayant donné naissance au porphyre rouge : les uns les considèrent comme des coulées, d'autres comme des filons.

Or, tous sont des filons et des necks perçant les schistes ou affleurant comme des enclaves du granite rouge dans la plaine du ouadi Beli. Leur taille est variée et peut aller dans une même région d'un filon et à un neck. Leur inclinaison est quelconque et n'épouse jamais, au moins sur une

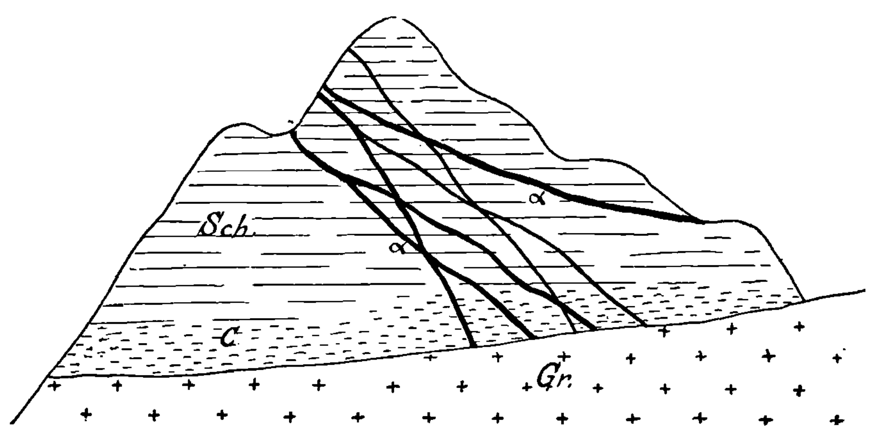


Fig. 34. — Disposition des filons de dacite dans les lambeaux schisteux du G. Oum-Sidri. Gr., granite ; Sch., schiste ; C., cornéenne ; α, dacite.

notable étendue, les plans de schistosité apparents de la roche au milieu de laquelle ils se trouvent. Cependant il en est qui se sont élevés dans des diaclases parallèles, ne seraient-ce que les gros necks du Ouadi Mâammal qui donnent le porphyre rouge. Dans le G. Doukhan ces filons s'élèvent verticalement ou à peu près ; dans le G. Oum Sidri, il s'entrecroisent dans toutes les directions, et suivant toutes les inclinaisons, donnant l'impression d'un réseau à mailles grossières qui consolide les schistes (fig. 34). Dans ce cas, il est facile de se rendre compte que le gisement est en filons car la vallée assez encaissée les met à nu, et accentue leur direction au milieu des strates ; mais dans les zones métamorphiques où les roches deviennent

compactes, cette distinction est impossible sans le secours du microscope.

Les lignes de contact sont donc difficiles à saisir ; cependant elles apparaissent en beaucoup d'endroits, notamment dans la vallée du O. Oum-Sidri et dans la partie de cette vallée comprise entre son embouchure et le ouadi Abou-Mâammal. Il y a là une cheminée de 60 mètres qui s'élève verticalement et appartient à la série des necks du G. Doukhan.

La difficulté de rencontrer des contacts avait rendu impossible la recherche de leur âge. On ne connaissait rien de ces gisements que les quelques matériaux rapportés d'un voyage de Lefèbvre dans ces régions ou ce qu'en disaient Burton et Wilkinson et ce qu'expose Delesse [13].

En 1898, le *Survey Department* d'Egypte a fait relever cette contrée ; Barron et Hume [97] en ont dressé une carte géologique et condensé leurs observations dans un important mémoire. C'est alors que Hume fixe la place que prennent ces roches dans la série éruptive du désert, ou du moins, en remarquant que des filons de microgranite les traversent, montre d'une manière définitive qu'il faut considérer leur mise en place antérieure au granite ; naturellement, l'auteur ne vise ici que le granite rose ou rouge du G. Doukhan, le seul qui existe dans la région. Je n'ai pas retrouvé cet intéressant gisement observé par Hume.

Il est maintenant possible d'assumer aux dacites une place précise en ajoutant d'autres observations aux précédentes. D'abord, à l'embouchure de la petite vallée qui aboutit en face des constructions antiques du ouadi Abou-Mâammal, et sur sa rive droite, le contact du granite et de la dacite est des plus nets. Le gros filon de granite qui forme le fond de la vallée principale (fig. 14) s'élève un peu au pied de la montagne. Un filon de dacite vient buter au nord contre ses salbandes sans les pénétrer ; il a donc été coupé par l'ascension du magma granitique, en même temps que les schistes au milieu desquels il s'élevait. Ce filon est en outre un des rares cas où la consolidation de magma montre une différence du centre à la périphérie, accentuée surtout par la modification de structure de la roche, allant du granite à une roche felsitique presque vitreuse. Or, au contact de ces roches le granite seul accuse un changement de grain.

Les dacites sont très variées d'aspect. Indépendamment du porphyre rouge qui fera l'objet d'une étude spéciale, il est possible d'en distinguer un cer-

tain nombre de variétés. Le type le plus courant est représenté par une roche noire au milieu de laquelle apparaissent les sections quadratiques blanches des phénocristaux d'andésine. C'est une jolie pierre, lorsque les feldspaths y sont uniformément dispersés, mais souvent le caractère porphyrique n'y est pas accentué, et les beaux porphyres dans lesquels les feldspaths atteignent un demi-centimètre de long sont des exceptions. Le plus souvent, le développement des phénocristaux est irrégulier, ils affectent une forme anguleuse qui en rend l'aspect peu agréable. Lorsque l'amphi-

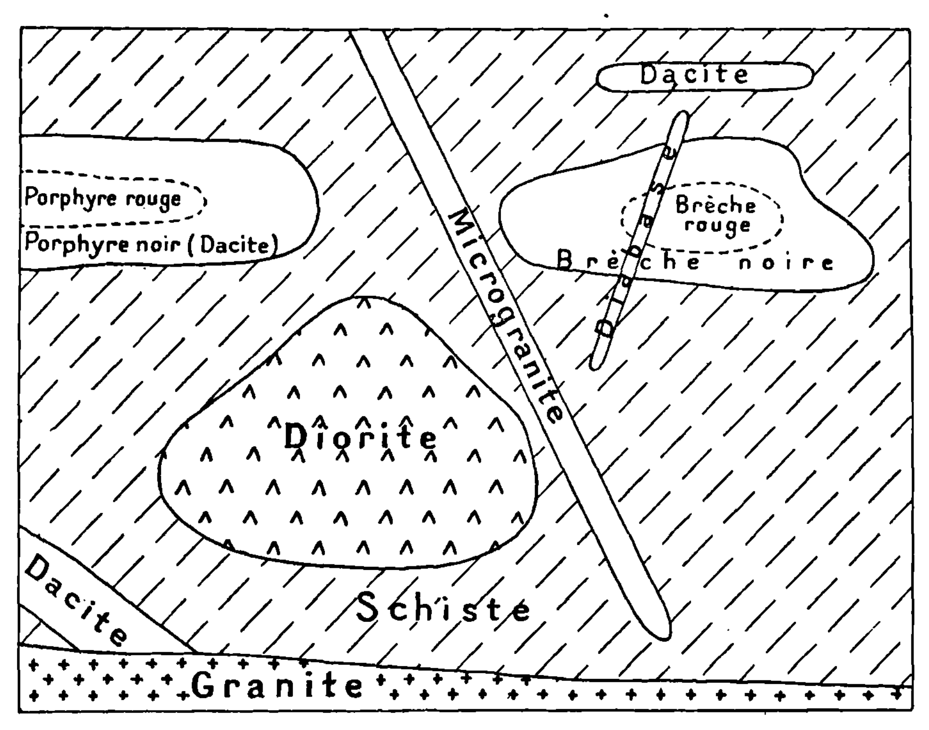


Fig. 35. — Section horizontale du G. Abou-Mâammal : (Echelle 1/10.000).

bole est bien développée, au centre des necks, la pâte fine, dépourvue alors d'une partie de ses éléments ferrugineux, prend une coloration grise qui adoucit le contraste des deux temps de consolidation; elle devient verdâtre par imprégnation d'épidote.

La structure de cette roche est également très variable ce qui permet d'en distinguer plusieurs variétés. Prenons d'abord comme type la roche franchement porphyrique que je viens de mentionner. Elle est essentiellement composée de phénocristaux d'andésine, maclés suivant les lois de Carlsbad, de

l'albite et de la péricline englobant parfois des petits cristaux irréguliers de quartz ou des baguettes d'amphibole ou encore des globules de magnétite ou des flocons de limonite. Il y apparaît, en un seul cas, une inclusion de feldspath plus réfringent et par conséquent plus basique. Puis viennen d'autres phénocristaux de hornblende automorphes, ayant la forme que j'ai déjà décrite à clivage peu accentué et dont l'extinction maximum est 25°.

La pâte, plus ou moins fine, est essentiellement formée d'andésine en microlites maclés suivant la loi de l'albite, de fines aiguilles de hornblende, et d'amas de magnétite; on y distingue quelques baguettes d'apatite. Ces minéraux se sont consolidés dans l'ordre suivant :

I : Apatite, magnétite hornblende et andésine
II : Hornblende, andésine et quartz

Les minéraux dus à l'altération de la roche sont l'épidote, la hornblende incolore et du mica blanc.

La biotite est irrégulièrement répandue dans les andésites et comme son apparition est due à l'altération de l'amphibole, je n'en tiendrai pas compte dans la distinction que je fais des différentes variétés qui suivent.

En ne considérant que la texture des feldspaths, il est possible d'établir trois variétés qui n'ont pas toujours une individualité marquée et peuvent se rencontrer dans un même gisement. Elles tiennent à des différences de cristallisation du magma en certaines places. Ce sont les suivants :

1° à pâte microlitique ;
2° — grenue ;
3° — globulaire

Dacite microlitique. — La pâte de cette roche est grisâtre, dénotant une cristallinité déjà accentuée. Vue en section mince elle montre des phénocristaux et des microlites d'andésine et contient une notable quantité de quartz, outre les minéraux accessoires déjà mentionnés. Mais ce que ce type a de particulier, c'est l'allongement des feldspaths et surtout des microlites. Ceux-ci se groupent autour.des phénocristaux en petites baguettes maclées, tandis que dans le reste de la pâte ils sont xénomorphes.

L'amphibole a disparu pour ne laisser subsister qu'un squelette ferrugineux, accompagné d'épidote et de sphène.

Il existe une roche encore plus cristalline que celle-ci, où le passage des microlites aux phénocristaux est insensible.

Ces roches sont situées au sommet de la crête du G. Doukhan ; elles ont généralement des feldspaths très épidotisés; elles contiennent aussi du mica ; certaines d'entre elles ont du quartz en abondance, parfois uniformément dispersé dans la roche, ou rassemblé en nodules de 1 cm. à 2 cm.

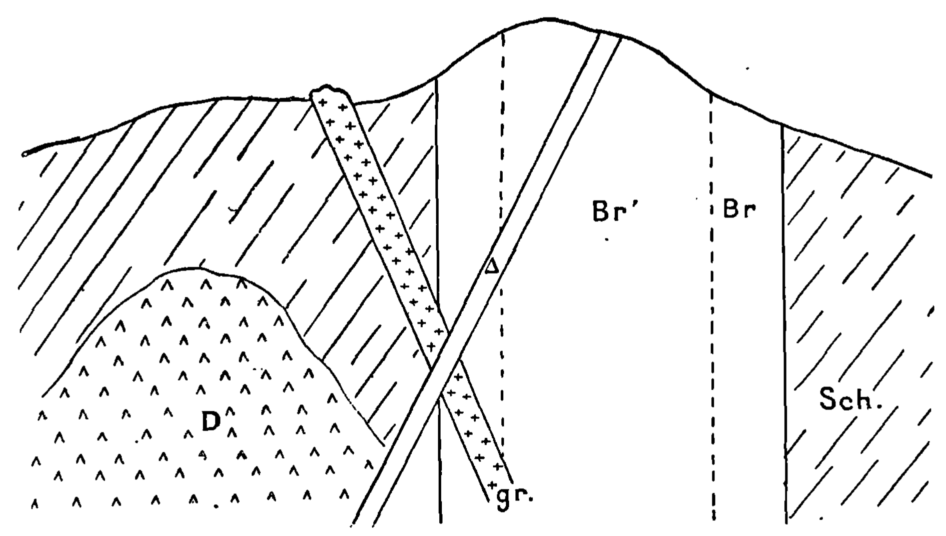


Fig. 36. — *Neck* de dacite bréchoïde. Section faite aux grandes carrières de *porphyre rouge* du O. Abou-Mâammal. Sch., schiste ; D, diorite; Br et Br', brèches dacitiques noire et rouge ; gr, microgranite ; Δ, diabase.

de diamètre. Ils sont contemporains de la consolidation et prouvent que le quartz doit être considéré, sauf de rares exceptions, comme un élément du magma et non un produit secondaire, venu postérieurement à la mise en place de ces roches.

Dacite à pâte microgrenue. — On se représente facilement cette roche dont la pâte est essentiellement formée d'andésine à texture finement grenue, les menus cristaux s'étant consolidés tous à la fois et gênés dans leur développement. La constitution est la même que précédemment. Il n'y a plus de phénocristaux.

Dacite à feldspath "globulaire". — J'emploie ce terme pour des feldspaths en lui attribuant la signification que lui donne Michel Lévy qui l'a créé pour le quartz ; il sert à désigner les cristaux minuscules des rhyolites qui n'ont pas atteint de forme cristalline et sont restés spongieux, donnant des plages qui se pénètrent mutuellement. Cette variété se trouve dans les carrières du flanc droit de la vallée.

Les phénocristaux d'andésine n'ont pas changé, pas plus que le reste de la roche qui conserve la même composition, la hornblende n'est pas altérée et se présente en cristaux automorphes.

A cette roche s'en rattache une autre qui s'en distingue seulement par le développement plus accentué de ses feldspaths qui, malgré tout, restent aussi spongieux. Il y apparaît des inclusions d'orientation différentes qui sont autant d'apophyses de plages voisines. Malgré leur caractère xénomorphe, ces cristaux ont une disposition fluidale apparente.

J'insiste sur ce fait que si ces différents types de structure sont parfois indépendants, ils sont le plus souvent associés dans un même gisement et surtout dans les *necks*, aussi rencontre-t-on des andésites micacées et amphiboliques à structure granitoïde voisinant avec d'autres à structure microlitique, ou le mélange des deux structures microlitique et *globulaire* (voir p. 219).

Les formes à un temps, grenues ou globulaires, sont celles des salbandes, et des petits filons.

Le principal foyer dacitique est dans le massif du G. Doukhan et du G. Oum-Sidri. Mais on rencontre aussi cette roche dans les collines du ouadi Mouelih. Hume en signale près de la Mer Rouge dans le ouadi Ranga ainsi qu'au Sinaï dans le G. Ferani. Mais ici, il en exagère l'étendue, comme il l'a déjà fait au G. Doukhan, confondant dans une même teinte de sa carte des schistes et des andésites. Cette inexactitude doit être relevée, car, en raison de l'étendue du gisement, elle pourrait faire croire à l'existence de coulées.

Dans beaucoup de gisements et quelle que soit l'épaisseur des filons, le quartz est en puissance dans la pâte et n'apparaît pas dans les sections minces. Aussi ai-je été tenté, au début de mes recherches, d'attribuer une origine secondaire à ce minéral, dans les roches où il est visible.

L'analyse d'un spécimen inaltéré à grain fin, provenant d'un filon de 1 m. 50 de puissance, donne la composition des dacites ; le calcul les montre semblables aux roches dont la cristallisation est mieux développée (voir *porphyre rouge*) et y révèle 17 °/₀ de quartz.

Analyse :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	MnO	P^2O^5	P.F.	Tota
64.3	16.4	1.85	2.5	0.45	3.0	4.7	4.3	2.0	n.d	0.6	0.6	100.7.

Le feldspath indiqué par le calcul est à 35 °/₀ d'An. et répond à la formule Ab_2 An_1

Classification : (I)II.4.3.4.

B. — Porphyre rouge antique.

La roche connue sous le nom de porphyre rouge et de porphyre impérial, est une forme d'altération des dacites précédentes. Cette pierre ornementale provient uniquement du ouadi Abou-Mâammal. On en trouve bien des gisements au sommet de la crête du Doukhan, ainsi que dans le ouadi Oum-el-Aesch, mais le premier est trop difficilement accessible pour avoir été exploité et les autres, situés presque à l'embouchure du ouadi Beli, étaient trop éloignés.

Les carrières sont échelonnées au sommet des montagnes qui bordent la vallée de Mâammal, et à des hauteurs variant de 300 à 600 mètres au-dessus du niveau de l'ouadi et de 700 mètres à 1.000 mètres au-dessus du niveau de la mer. Elles furent ouvertes sous la domination romaine[1].

Je ne connais les gisements de la principale crête de la montagne, que par les blocs détritiques de la vallée qui en descend et que j'appelle Ouadi Bararig. Je n'ai pas cru devoir en rechercher l'emplacement au milieu de cette montagne extrêmement accidentée et d'un accès difficile.

Cette roche est intéressante par elle-même, indépendamment de son usage dans l'antiquité classique, et curieuse par son gisement et sa genèse. Sa coloration, et l'éloignement de son gisement en font une roche rare et très connue, sur laquelle l'attention s'est portée depuis longtemps.

Les savants de l'Expédition française la recherchèrent sans succès. Burton

1. Letronne, *Recueil des inscriptions grecques et latines*, Paris, 1842-48. L'auteur consacre un chapitre important à l'histoire de cette pierre ornementale.

en découvrit le gisement en 1828, et peu de temps après, en 1831, Lebfèvre, en envoya, en France quelques fragments qui firent, avec ses observations personnelles, l'objet du mémoire de Delesse [13] dont les conclusions, quant aux brèches porphyriques, ont été reprises par Rutley [46]. Enfin, avant l'étude qu'en fit à nouveau M. Hume, en 1898, les carrières avaient été réouvertes par un marchand de pierres de Londres, M. Bradley.

Au cours de ses voyages, l'explorateur Schweinfurth releva la carte de toute la région (1877-1878). Elle est publiée dans une monographie d'Oskar Schneider [1] qui n'apporte, malgré son étendue, rien de nouveau relatif à cette question, si ce n'est une détermination de la roche faite par Rosenbusch [2] qui considère le porphyre rouge comme un type intermédiaire entre les *glimmerporphyr* et les *hornblendeporphyrit* et le compare à différents types augitiques de la vallée de la Saar, de la Saxe, de la Perse et de l'Ecosse. Il attribue sa couleur rouge à de la withamite et de la thulite, reprend à son sujet les observations de Lefèbvre (*in* Delesse) et insiste sur des traces d'actions mécaniques qu'aurait subies la roche.

J'ai considéré moi-même, avec Hume, ces roches comme des andésites, au cours de notes antérieures.

Un quinzaine de carrières ont été ouvertes par les Romains ; chacune d'elles donne un porphyre de couleur différente, d'ailleurs la coloration change déjà dans une même carrière du centre du filon à la périphérie. Cela est si visible que Lebfèvre mentionne cette variation. Ces différences de coloration sont dues à l'altération inégale de la roche suivant la finesse de son grain ; la diminution de whithamite et du pigment d'hématite donnera tous les intermédiaires entre le noir et le rouge. Les variations de couleur sont surtout sensibles par la comparaison des blocs éboulés ou rejetés sur les flancs des vallées par les anciens carriers.

La plus belle des carrières, celle qui offre le plus grand front et a donné le porphyre du plus beau rouge, est située sur le flanc gauche de la vallée et au sommet presque des montagnes qui la bordent. Elle est éloignée, cachée par un petit pic schisteux et par conséquent difficile à trouver. Mais du sommet de l'une des crêtes sa situation est facile à repérer, car

1. O. Schneider : *Ueber den roten Porphyr der Alten*, Leipzig, 1880.
2. *Microgr. Phys. d. massig. Gestein*, 1877, pp. 290 et 472.

on embrasse d'un coup d'œil, et sur les deux flancs de l'ouadi, toutes les carrières connues dont la situation est d'ailleurs révélée par la couleur ocracée des diaclases suivant la direction desquelles on a détaché les blocs de la pierre.

Description, genèse. — Prenons comme type la roche du rouge le plus franc; celle par exemple de la grande carrière que je viens de mentionner.

Son aspect extérieur a été maintes fois décrit; elle est figurée dans la *Description de l'Egypte* (Atlas) ainsi que par Delesse, enfin la roche est connue de longtemps, grâce aux collections qui en contiennent de beaux spécimens. Elle est semblable aux dacites que je viens d'étudier, avec la différence qu'elle présente des cristaux roses de feldspaths noyés dans une pâte de couleur pourpre. Delesse y signale des amas de quartz, mais je n'en ai pas vu la moindre trace dans aucune des carrières examinées; aussi doit-on considérer ceux-ci comme des exceptions. Mais un caractère qu'a généralement cette roche, c'est de montrer dans sa pâte des cristaux bien développés d'amphibole. Examinée au microscope, sa composition apparaît la même que celle des dacites : phénocristaux d'andésine et de hornblende, pâte formée d'apatite, de magnétite, de perowskite, minéraux noyés dans de l'andésine à texture variée. Les sections minces examinées en lumière naturelle se montrent criblées d'un fin pigment opaque d'hématite qui couvre entièrement et irrégulièrement la préparation, et d'une quantité variable de flocons roses et jaunes de withamite.

C'est à ces deux minéraux que la roche doit sa coloration; l'hématite imprègne la pâte tandis que la withamite, bien que dispersée dans la roche manifeste surtout sa présence par la coloration rose qu'elle donne aux phénocristaux de feldspath en les épigénisant. C'est ce minéral qui est le plus apparent : aussi est-ce à sa présence que l'on avait attribué la couleur de la pierre. A la lumière réfléchie la coloration de l'hématite apparaît au contraire nettement et ce procédé, en accusant la répartition du minéral, prouve que c'est à lui qu'il faut attribuer presque entièrement cette coloration pourpre caractéristique; et c'est ce qui explique la rareté de telles roches, les conditions requises pour la formation du pigment étant spéciales et uniquement réalisées dans ces gisements.

La quantité de ces deux minéraux va donc influer considérablement sur la coloration de la roche; aussi, selon leur abondance, aura-t-on toute une gamme allant du porphyre rouge au violacé et au noir et cette transition se fera du centre aux salbandes ainsi que l'impose le mode de gisement du porphyre rouge.

On les trouve en effet au centre des necks que nous avons vus échelonnés le long du ouadi Abou-Mâammal dans la direction N. 20° E. Comme ils sont le résultat d'une altération, l'on comprend aisément que leur formation soit liée à la partie de la roche le plus susceptible de s'altérer.

Or, le centre de ces cheminées étant plus cristallin que la périphérie, les diaclases y sont plus abondantes, les minéraux mieux individualisés s'altèrent plus facilement. Il n'y a qu'à regarder autour de soi pour se rendre compte de la résistance que les roches à grain fin présentent à l'altération. Ainsi, dans les régions granitiques arénacées, les filons de rhyolite restent intacts; c'est à leur présence d'ailleurs que les lambeaux schisteux du Doukhan qui en sont criblés ont dû leur conservation. Et la vallée des porphyres doit son creusement à un filon granitique très épais qui se désagrège sous l'influence de l'altération, tandis que ses salbandes microgrenues et même presque vitreuses résistent et se relèvent de part et d'autre de la vallée, formant le pied des montagnes.

La même observation s'applique aux cheminées de sölvsbergite comme par exemple à Urf-el-Ouaï; mais, dans le cas des dacites anciennes, l'épidote formée, ainsi que le fin pigment d'hématite, donnent ensuite plus de résistance à la roche soit par l'enchevêtrement des flocons du premier soit par l'altération du second dont une couche superficielle ocreuse s'insinue dans les diaclases.

Brèche de friction. — L'un des pics de la rive gauche contient un gros neck formé d'une brèche de friction. La roche est la plus cristalline que l'on puisse trouver. Les phénocristaux sont arrondis, témoignant ainsi une résorption partielle pendant l'ascension du magma. Dans ce gisement, le centre est moins coloré qu'ailleurs dans les carrières voisines. La magnétite est en effet moins abondante et l'hématite moins répandue; la hornblende est par contre en plus grande quantité; c'est presque uniquement la withamite qui colorera

la roche. Mais ce que cette cheminée a de plus intéressant, c'est le passage sans transition de la partie centrale rouge à la périphérie noire. Leur délimitation se fait suivant une ligne sinueuse que l'on peut suivre dans la carrière elle-même sur une hauteur de six mètres.

Il est difficile de donner une explication du phénomène. Le grain des deux roches ne change pas, et l'on ne s'explique pas comment la withamite puisse cesser brusquement d'apparaître et soit uniquement concentrée suivant une colonne occupant verticalement le centre du neck.

L'étude de ces gisements montre donc que l'on sera susceptible de trouver de ces roches partout où les filons auront une largeur suffisante pour que la grosseur du grain et sa régularité en favorisent l'altération. Les cheminées elliptiques ou circulaires comme celles que nous venons de voir réunissant le mieux ces conditions donneront les plus belles pierres. Ces cheminées se retrouvent au sommet de la principale crête de la même montagne et au Ouadi el-Aesch.

La composition chimique des dacites les rapproche naturellement des diorites et ne fait que confirmer les résultats de l'étude microscopique.

Analyse du porphyre rouge :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P^2O^5	MnO	P.F.	Total
a)	64.4	16,1	3,5	1,0	0,65	2,7	5,0	4,2	1,6	0,3	0,1	1,1	100,05
b)	63,5	16,4	2,3	2,5	0,5	3,0	4,4	4,3	2,0	0,3	0,1	0,6	99,8

a) *porphyre rouge* de la grande carrière de la rive gauche : (I)**II. 4. 3. 4.**
b) *porphyre rouge* de l'une des carrières de la rive droite : (I)**II. 4. 3. 4.**

La variation de K^2O et des oxydes de fer est due à l'altération de la hornblende et du feldspath, dans la première de ces roches.

C. — Labradorites

Les labradorites sont les plus répandues des roches basiques anciennes. On les trouve en effet dans toutes les collines de nature schisteuse et dioritique, en filons variant de un mètre à trente mètres d'épaisseur.

Ce sont des roches noires ou verdâtres, sur le fond desquelles se détachent, en blanc, les phénocristaux de feldspath, à contour cristallin. Les types seront donc très variés, suivant la quantité et la disposition de

ceux-ci. L'aspect change déjà dans un même filon, pour peu que son épaisseur soit notable ; le centre porphyrique passe, aux salbandes, à une roche entièrement microlitique avec résidu vitreux, par diminution progressive puis disparition complète des phénocristaux. D'ailleurs, le nombre de ceux-ci croissant, les types porphyriques passeront aux diabases. La distinction de ces roches devient donc difficile à établir.

Le plus généralement, les phénocristaux sont régulièrement dispersés dans la pâte ; l'aspect de la roche est alors agréable : aussi fut-elle recherchée dans l'antiquité comme pierre ornementale. Ils sont formés de labrador de composition Ab_3 An_4 automorphe, en cristaux de taille régulière, variant de un à dix centimètres, selon les gisements, et d'orientation quelconque. Ils sont zonés par des alternances de labrador à 45 °/₀ d'An., avec le précédent qui forme le gros des cristaux. Ils sont maclés suivant les lois de Carlsbad et de l'albite, et rarement de la péricline. Des phénocristaux d'augite les accompagnent ; ils sont altérés sur leurs bords en amphibole actinolitique, d'un polychroïsme à peine sensible dans les tons vert (n_g) et jaune (n_p). Les microlites sont de labrador Ab_1 An_1, de l'actinote provenant de la décomposition de pyroxène, avec des inclusions de magnétite et de sphène, et de la biotite en paillettes irrégulières. Il y a aussi de fines particules de quartz.

Ce type est très répandu au G. Doukhan, dans le G. Aesch et d'ailleurs partout dans le désert où apparaissent les débris du continent ancien schisteux et dioritique.

La quantité d'éléments noirs varie : le mica peut y être abondant, la roche, d'une labradorite à augite, devient une labradorite micacée ; mais le mica est secondaire : il provient de l'altération de la hornblende.

Dans les types à grain fin, les phénocristaux ne sont plus visibles à l'œil nu ; la pâte devient en partie vitreuse aux salbandes. Un commencement de cristallisation se manifeste sous la forme de petites éponges de feldspath. Elle est parsemée de paillettes de biotite et d'actinote, généralement groupés. L'amphibole est entourée d'hématite, résidu de la décomposition de pyroxène. Le quartz est localisé dans les nids de biotite et d'actinote.

L'oxyde de fer se présente dans ces roches et en assez grande abondance sous la forme de magnétite, de titano-magnétite et de sphène.

Les phénocristaux sont en certains cas *schillérisés*, ils ne se distinguent dans la pâte que grâce à leur clivage, car la roche est entièrement noire. Le pigment qui colore les feldspaths est d'une finesse extrême, et irrésoluble au microscope, .il est disposé en fines baguettes ou en ponctuations linéaires. Nous les retrouverons mieux développés dans les gabbros de Ouadi Ghoussoun où leur taille permettra de diagnostiquer du rutile.

Un énorme filon traverse une des vallées voisines du G. Chanchaf, sur la route de Bir-Taou, montre d'énormes phénocristaux de labrador de quinze centimètres de long, très clairsemés, donnant à la roche un aspect particulièrement curieux et rare.

Urf-el-Bagar. — Lorsque les phénocristaux sont très nombreux, ils arrivent à absorber toute la partie feldspathisable du magma, se gênent dans leur développement, en se heurtant les uns aux autres, donnant ainsi une diabase à gros grain comme à Urf-el-Bagar. Le filon a été exploité par les anciens ; il paraît avoir donné des pierres très estimées, car il est cité par le géographe Ptolémée, comme le serait une station importante du désert, sous le nom de *Nigri lapidis Montis*.

C'est un filon de six mètres, dirigé N. 10° E. enclavé dans le granite rose du Gebel Mouelih. A son contact, le granite paraît avoir changé de grain, autant qu'il est possible d'en juger au milieu de la roche décomposée. Des cassures s'y présentent, comme autant de dislocations produites par le magma granitique ; il est donc irrégulier, se poursuit ainsi sur cent mètres, dans la direction du G. Mouelih, et disparaît ensuite sous le sol arénacé.

On ne l'observe bien que sur l'emplacement des anciennes carrières, où il se montre dans toute son épaisseur et où il est possible de prélever dans les haldes des fragments non décomposés de la roche. Celle-ci est grisâtre dans son ensemble, formée de gros cristaux de labrador d'un centimètre de long, très abondants, à disposition ophitique, et noyés dans la partie ferro-magnésienne, qui, par altération, a pris une couleur grise uniforme.

C'est une diabase à gros éléments. L'apatite y abonde en fines baguettes ou en cristaux arrondis, un peu allongés, ainsi que le fer titané accompagné de sphène non coloré.

Le feldspath est un labrador à 53 °/₀ d'An., zoné de bandes plus acides, et montrant des inclusions allongées, automorphes, de pyroxène transformé en une amphibole actinolitique presque incolore. Ce pyroxène se retrouve sous la forme de phénocristaux de titanaugite tendant à prendre une forme cristalline. Il est plus titanifère à sa périphérie, comme l'indique sa coloration plus intense, et son polychroïsme dans les tons rosés caractéristiques.

L'amphibole est altérée en une hornblende peu ferrifère, fibreuse, à extinction ondulante, peu réfringente, peu biréfringente (0,012). Les résidus de la décomposition sont représentés par de l'épidote, de la chlorite, de la gœthite.

La roche est intéressante en ce qu'elle montre le passage des labradorites aux gabbros ; elle représente la forme hypéritique de ceux-ci, et, par cela même, se rapproche des diabases.

Si l'on tient compte de l'amphibole dans la nomenclature des roches de cette espèce, la labradorite de Urf-el-Bagar représenterait également un intermédiaire entre les gabbros et les diorites, et serait un type très aberrant tant par sa structure que par sa composition.

Les gisements de ces roches sont tous semblables. Quant à leur répartition, elle est à ce point étendue qu'il serait illusoire de les vouloir même énumérer. Le G. Doukhan, à lui seul, en contient plus de cent filons ; l'Ouadi el-Aesch en montre plusieurs ; il en apparaît dans les collines de Samout, jusqu'au G. Chanchaf, où est le type à longs phénocristaux de 15 cm., au Sinaï (Ouadi Melhadje), et d'ailleurs partout où affleurent les massifs dioritiques.

La composition chimique de ces roches est la suivante :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P^2O^5	P.F.	Tot.
a)	50,68	19,15	6,41	2,99	1,56	4,76	8,03	2,0	1,54	0,19	2,68	99,99
b)	51,0	21,9	1,4	5,8	1,05	2,2	8,8	4,25	1,45	n.d.	2,1	99,9

Ces deux roches ont des traces de MnO.

a) Labradorite du G. Doukhan : II. 4 5).3.4.

b) — ophitique d'Urf-el-Bagar : "II. 5. 3(4). 4".

A ces types se rattachent quelques diabases décomposées qui émergent des serpentines et de microgabbros malchitiques. L'une de ces roches,

provenant de l'île Zébirget, est une labradorite altérée à faciès basaltique montrant deux temps de consolidation. Les phénocristaux de labrador $Ab_3 An_4$ sont zonés avec une bordure de feldspath à 50 °/₀ d'Anorthite. Ils sont comme précédemment maclés suivant les lois de Carlsbad, de l'albite et de la péricline. Les microlites sont ténus et représentés par du labrador $Ab_1 An_1$ mais presque entièrement dipyrisés par place. Des cristaux de hornblende sans forme précise, sont régulièrement dispersés dans la roche : aussi paraissent-ils entourés d'une maille épaisse de dipyre, par la disparition du feldspath. Ils sont peu réfringents, peu biréfringents, à faible extinction, et fibreux, et proviennent de pyroxène dont on retrouve encore les traces dans quelques parcelles encore intactes de ce minéral. La magnétite y est altérée en limonite ; le rutile y est très rare, mais en cristaux bien développés. Quant au péridot, l'altération de la roche ne permet pas d'en trouver la trace, ce qui la place dans les labradorites.

CHAPITRE V

QUATRIÈME SÉRIE ÉRUPTIVE

DEUXIÈME SÉRIE GRANITIQUE

Les granites de cette série postérieure aux schistes constituent la plus grande partie des montagnes du désert ; ils émergent en puissants massifs qui, comme ceux du Gattar et du Hammata, atteignent jusqu'à deux mille mètres de hauteur et occupent une superficie de mille kilomètres carrés ; on voit, en consultant la carte du *Survey Department*, que certains massifs s'étendent sur des longueurs de soixante kilomètres.

Leur aspect extérieur est très varié ; tantôt ils se présentent sous la forme de vastes massifs montagneux au profil dentelé, comme celui du Gattar, tantôt leur sommet est arrondi donnant un dôme ou une suite de dômes, de bosses : c'est ainsi qu'apparaît le G. Mouelih.

L'on passe brusquement de ces massifs compliqués à des régions de même nature à demi arrasées, comme le G. Oum-Messaid, ou même complètement aplanies, comme l'est la région d'Urf-el-Bagar.

§ 1. — Différentes variétés de granites.

Ainsi que leur étendue le laisse supposer, ces roches ne sont pas semblables ; elles varient fréquemment d'aspect, et s'il est souvent difficile de voir leur succession, il est néanmoins facile d'observer une différence marquée entre les magmas qui leur ont donné naissance, comme vont le montrer les types décrits ci-dessous.

Ceux-ci répondent à des roches bien définies, caractéristiques d'un gisement ; mais on en rencontre de nombreuses variations.

Les plus connus d'entre ces granites sont sans contredit ceux d'Assouan

d'après lesquels Werner a décrit la syénite, confondant avec la roche de Syene (Assouan) celle de Falsberg près de Mayence, à laquelle les Romains avaient également demandé des pierres ornementales qui se rencontrent dans les monument italiens à côté de matériaux d'origine égyptienne. Faujas de Saint-Fond retrouva le gisement de Falsberg ; aussi, en décrivant la roche de Syène, de Rozière [1] la maintint dans les granites et proposa d'appliquer à la roche de Falsberg le terme de *sinaïte*, provenant de roches sans quartz qu'il aurait rencontrées au Sinaï. Mais le terme de syénite fut malgré tout employé, et notamment appliqué à la roche de Falsberg.

Le granite d'Assouan a été décrit par de Rozière, Faujas, Werner, Delesse, Scherer, Wiger [*in* 112]. La plupart de ces auteurs ont étudié cette roche d'après les pièces ornementales des musées européens.

En ne tenant compte que de la composition minéralogique, voici quelles sont les différentes variétés qu'il est possible de distinguer.

Granite rose à grain fin. — Ce n'est pas à proprement parler le granite d'Assouan, car il est en bordure de celui-ci, au delà de cette ville et près du barrage. Il est figuré par Ball [112. Pl. V]. Le grain en est moyen et régulier, très feldspathique avec les clivages apparents des feldspaths qui font ressortir les macles de Carlsbad. Le zircon et l'apatite y sont rares, la biotite également, cette dernière très polychroïque en

brun verdâtre suivant n_g
brun jaune — n_p et n_m

Quelques plages sont zonées et d'un vert franc dans la direction de n_g ; les feldspaths sont représentés par du microline et de l'oliglocase maclés suivant les lois les plus courantes, Carlsbad, albite et péricline ; l'oliglocase, à environ 20 °/₀ d'An, englobe des sections carrées d'albite, de dimension réduite, maclées suivant les lois de l'albite. Le quartz est très abondant ; la roche est entièrement dépourvue d'amphibole.

Granite amphibolique rose à gros grain et porphyroïde. — C'est la roche la plus communément employée dans la statuaire égyptienne. Elle

est très bien figurée dans l'Atlas de la *Description de l'Égypte*, ainsi que par Ball [112].

Nous y retrouvons les mêmes éléments que précédemment : de larges plages de biotite, de microline et d'oliglocase ; mais parmi les éléments de première consolidation s'ajoutent une grande quantité de magnétite et de sphène.

La hornblende est en gros cristaux polychroïques dans les teintes suivantes :

vert brun	suivant	n_g
vert bleu	—	n_p
jaune verdâtre	—	n_m

avec absorption : $n_g > n_m > n_p$.

L'apatite est en inclusions dans le quartz ou le mica et ne détermine, pas plus d'ailleurs que les autres granules de sphène ou de zircon, aucune auréole polychroïque. Le sphène s'y présente en gros cristaux craquelés. Les feldspaths sont craquelés également. Le mica ou l'amphibole ne sont pas mélangés mais ont une tendance à se rassembler en nids distincts comme le ferait une injection indépendante, postérieure à la consolidation du magma. Cette impression est d'ailleurs confirmée par la pâte fine qui occupe les espaces compris entre les gros éléments feldspathiques formés des mêmes éléments que ceux de la roche mais avec une prédominance de microline, d'orthose et de quartz.

Les grandes plages de feldspath oliglocase sont brisées par endroit, d'autres ont continué de se développer par une zone plus basique restée intacte, tandis que la partie antérieurement formée est altérée en un fin pigment colloïde qui la recouvre.

Le quartz y est très irrégulier ; les cristaux s'interpénètrent et se présentent ailleurs en inclusions dans les autres minéraux sous forme de grains arrondis ils donnent même avec le microline des assemblages micro-pegmatiques. Quant aux grandes plages, elles sont comme froissées.

Analyse :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P^2O^5	P. F.	Tot.
69,9	14,7	0,4	1,6	0,3	0,2	1,3	4,4	6,7	n. d.	0,2	99,7.

Classification : **I. 4″ 1. 3.**

Dans les carrières qui terminent la vallée de Hazzan, près d'Assouan, ce granite est rose à gros éléments et contient très peu de minéraux colorés. Il se heurte ici aux gneiss de Gésireh ; mais ailleurs, que ce soit au bord du Nil, dans l'île d'Éléphantine, etc., le caractère porphyroïde s'accentue par le contraste que fait naître la plus grande abondance d'éléments colorés.

Granite noir d'Assouan. — Latéralement, entre Assouan et Gebel Togog, le granite devient noir, prend un grain régulier et fin. Sa composition est la même que précédemment, mais la biotite et la hornblende vert pâle y sont en plus grande abondance, et régulièrement disséminées dans la roche.

Quelques-uns de ces minéraux englobent pœcilitiquement de petits grains arrondis de quartz. Comme précédemment, ce dernier minéral est aussi en grandes plages dentelées et froissées, ou en petits cristaux qui, avec les feldspaths, prennent une structure granulitique sur quelques millimètres d'étendue.

Il est impossible de décrire tous les types de granites de cette région, car leur analogie avec des orthogneiss permet toutes les variations possibles autour des variétés ci-dessus. Elles sont distinctes seulement par leur aspect. On ne peut mieux s'en rendre compte qu'à la lecture du mémoire de Rozière [1] au cours duquel cet auteur décrit toutes les variétés qu'il est possible de recueillir au voisinage d'Assouan, en se basant sur la couleur des feldspaths ou l'abondance des éléments noirs.

Granite rouge-brique. — La plus grande partie des massifs granitiques est formée d'un granite rouge hololeucrate, reconnaissable à ce que ses feldspaths imprégnés d'oxyde de fer donnent à la roche une coloration rouge brique uniforme, et enfin en ce que le quartz est toujours laiteux.

Ces granites offrent une grande facilité d'altération ; ils sont généralement décomposés sur une telle profondeur qu'il est difficile d'en prélever un échantillon frais, car ils s'émiettent sous le choc du marteau. On y trouvera donc des minéraux très altérés ; les très rares, éléments noirs, sont la titanomagnétite et le sphène et de gros grains de rutile avec une ceinture de sphène. Les paillettes de biotite pigmentées de flocons de magnétite sont

transformées en chlorite et ripidolite. Les feldspaths sont représentés par de grandes plages d'orthose, d'albite, et des associations secondaires à caractères perthitiques d'albite et de microline, d'orthose et d'albite ; ceux-ci sont altérés en un pigment colloïdal coloré en rouge par de l'oxyde de fer. C'est à cette altération que la roche doit sa coloration rouge. Le quartz est en grandes plages remplies d'inclusions. On voit aussi quelques paillettes de muscovite et enfin de larges flocons de calcite recouvrant l'albite. Nous sommes en présence d'une roche altérée ayant une notable quantité d'albite secondaire. C'est un granite alcalin hololeucocrate. L'analyse ci-dessous a été publiée autrefois, à une époque où je n'avais qu'un seul spécimen de cette roche, et dans la description que j'en ai déjà donnée, l'albite m'avait échappé : j'avais cru voir à sa place de l'anorthose secondaire.

Composition chimique :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P. F.	Total
73,9	13,6	1,4	0,5	0,2	0,3	0,4	4,4	4,7	0,5	99,95

Classification : I. 4. 1. 3″.

Le fer ne provient pas en totalité des éléments colorés, qui sont en faible abondance, mais des oxydes de fer qui imprègnent la roche. On y remarque une quantité égale de K^2O et Na^2O, et l'absence, ou à peu près, de chaux, ce que confirme l'examen microscopique, qui révèle l'absence absolue de feldspath calco-sodique.

Ce granite forme les massifs élevés du G. Beli ainsi que différentes montagnes du Sinaï : G. Markha et une grande partie de la pointe méridionale de la péninsule.

Granite rose à allanite. — C'est la roche la plus répandue. Elle se présente rarement en gros massifs comme la précédente, mais en petites bosses régulières, ou en aiguilles isolées auxquelles les bédouins donnent le nom de *msalla* (obélisque) ou *sala*.

Le plus souvent sa facile décomposition détermine la formation de larges plaines arénacées. Mais comme elle passe en profondeur sous les lambeaux schisteux, l'on est amené à lui supposer de plus vastes surfaces, et par conséquent, une plus grande place parmi les roches d'origine ignée.

Sa couleur est rose clair avec des taches blanchâtres de feldspath et des paillettes d'éléments colorés.

La proportion relative de ses minéraux constituants varie avec les gisements. Les éléments de première consolidation sont : zircon, apatite-titanomagnétite et sphène (leucoxène), les premiers bien développés en cristaux à contour extérieur net. Dans d'autres roches, la magnétite se décompose en limonite, de même que les minéraux précédents peuvent être en moindre abondance.

Le mica est constant sous forme de larges lamelles colorées en brun suivant n_g et jaune pâle suivant n_p. Il présente des auréoles polychroïques autour de petits zircons et des flocons de magnétite. Il s'altère en fines aiguilles de pennine.

L'allanite est relativement abondante, puisqu'elle apparaît en beaux cristaux dans toutes les préparations ; elle est zonée, et polychroïque dans les tons :

jaune-brun	suivant	n_g
brun-rouge	—	n_m
jaune-verdâtre	—	n_p.

Elle détermine de larges auréoles polychroïques autour de la biotite, à son contact avec ce minéral.

L'amphibole est une variété verte de hornblende, à extinction maximum de 36°, polychroïque en

vert foncé	suivant	n_g et n_m
jaune pâle	—	n_p.

L'épidote est rare et rassemblée en petits cristaux sans forme extérieure, pigmentés de noir dans le sens de leur allongement optique, polychroïques dans les tons suivants :

jaune d'or	suivant	n_p et n_m
jaune pâle	—	n_g

avec absorption : $n_p = n_m > n_g$.

Les feldspaths sont représentés par de l'orthose en larges plages uniformes

ou en associations perthitiques avec de l'albite. Ce dernier est parfois isolé en petites plages indépendantes. L'autre feldspath est de l'oligoclase Ab_3 An_1, à 25 °/₀ d'An., ou de l'oligoclase-albite s'éteignant à 10°, c'est-à-dire à 10 °/₀ d'An.

Le microline est rare dans ces granites ; toutefois, au Sinaï, dans le Ouadi el-Retam notamment, il devient extrêmement abondant. La roche a le même aspect que précédemment ; sa composition par contre varie sensiblement ; l'apatite s'y montre avec des inclusions de rutile, le sphène y est rare, ainsi que les agrégats de ce minéral et de titanomagnétite. L'orthose et le microline y sont abondants, renfermant de l'albite sous la forme de combinaisons perthitiques. Le microline cristallisé en dernier enserre de petits cristaux automorphes d'oligoclase-andésine s'éteignant à 70° et répondant par conséquent à la formule Ab_9 An_1. Cette composition est d'ailleurs confirmée par leur extinction qui a lieu à 84° dans les sections perpendiculaires à l'axe n_p. La zone périphérique est plus réfringente et plus biréfringente, et son extinction maximum dans la zone de symétrie le plus élevée ; c'est un feldspath oligoclase-andésine voisin de la composition Ab_3 An_1 ; ces zones passent donc à des minéraux ayant de 10 °/₀ à 30 °/₀ d'An. Quelques-uns de ces cristaux sont indépendants et dispersés dans la pâte. Leur bordure est presque toujours formée de quartz vermiculé (myrmékite) quel que soit leur voisinage.

L'examen des gisements de ces deux derniers granites montre les deux roches toujours voisines, comme on peut s'en rendre compte aux Gebels Gattar, Mouelih, Abiad, Abou-Ghalga etc.

Le passage de l'un à l'autre est insensible, aussi échappe-t-il à l'observateur. La zone intermédiaire entre eux est de largeur variable ; au Gattar, elle peut atteindre cent cinquante mètres ; au Sinaï, dans les vallées voisines du ouadi el-Kyd, et dans celui-ci également le contact est plus visible et se fait en quelques mètres. Mais, d'une manière quelconque, il faut, pour le remarquer, que l'attention soit attirée sur lui. Dans le G. Abou-Harb, de grandes taches de granite rouge sont disposées comme des enclaves dans le granite de la montagne ; dans le G. Abou-Markha, situé à la pointe méridionale du Sinaï, il semble que ces roches soient en deux masses accolées ; l'une couronne le sommet de la montagne au pied de laquelle la variété rouge apparaît, de sorte qu'il y a ici une superposition horizontale de deux

granites. Cela est très visible. Ailleurs ces différences sont surtout appréciables lorsque, du sommet de l'une des montagnes, on embrasse l'ensemble de celles qui se déroulent au loin. Alors les zones transitoires s'atténuent et, les roches étant à nu, les différences de couleur qu'elles montrent suffisent à délimiter la part qui revient à chacune d'elles dans la constitution des massifs éruptifs.

La disposition de ces deux roches ne répondant à aucune action endomorphique, on est amené à considérer l'une comme un faciès de variation de l'autre. Il se manifeste par un développement d'éléments ferro-magnésiens et de feldspaths calco-sodiques dans le granite rose, une concentration de quartz et feldspaths alcalins dans le granite rouge. Et comme les composants de ce dernier sont ceux dont la migration est le plus facile, il nous faut considérer l'autre comme la forme fondamentale du magma.

Les granites rouges sont surtout abondants dans la partie septentrionale des montagnes, et par conséquent — ainsi que j'ai déjà eu l'occasion de le faire remarquer — dans la région qui est le plus profondément arasée.

Analyse du granite de O. Abou-Mâammal :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P. F.	Total.
72,8	14,4	0,6	1,1	0,5	0,3	1,0	4,2	4,4	0,5	99,8

Classification : I. 4. (1)2. 3''.

Granite blanc du Gebel Fatireh. — Cette roche s'étend sur un espace considérable et semble localisée dans la région du gebel Fatireh et jusqu'au Gidami ; je n'en ai trouvé nulle part ailleurs sauf dans la pointe du Sinaï, et au G. Hamata où un granite à amphibole se rapproche de sa composition. Il fut connu des Romains, qui ouvrirent dans les flancs du G. Oum-Dougal d'immenses carrières où gisent encore, abandonnés, des objets grossièrement sculptés et surtout d'énormes colonnes. C'est de ces carrières que furent extraites la presque totalité des colonnes romaines actuellement visibles dans les monuments anciens de l'époque de Trajan et de Dioclétien.

C'est un granite à amphibole, blanc, à quartz fin, dont les cassures fraîches ont l'aspect saccharoïde. Les minéraux noirs sont disposés en taches isolées, ou concentrés. Les minéraux accessoires sont les mêmes que dans les roches précédentes : apatite, magnétite et sphène automorphe. La biotite est une

variété brune, et sans inclusions. La hornblende, une varieté vert olive semblable à celle des roches d'Assouan. Les feldspaths sont représentés par de l'orthose à clivage accentué et comme craquelée, de l'oligoclase à 20 °/₀ ou 25 °/₀ d'An., dont l'extinction maximum est de 2° à 7°. Le quartz y a beaucoup d'inclusions. L'épidote est en flocons montrant un clivage très net.

Un granite broyé qui se rapproche par son aspect et sa composition de celui-ci forme une grande partie du G. Hamata et son gisement vient se terminer au Gebel Abou-Ghalga. Il est plus blanc que le précédent ; les nids d'éléments noirs y sont moins denses, amygdaloïdes et disposés parallèlement. Le grain en est fin ; la texture est celle d'une aplite, c'est-à-dire qu'il se montre constitué par une mosaïque de quartz et de feldspath, ou des plages de ces minéraux, à contour irrégulier et très déchiqueté.

L'apatite et la magnétite y sont rares. La biotite est la même que précédemment, mais rassemblée comme nous l'avons vu ; elle est par endroits légèrement altérée en chlorite et donne aussi du rutile en fines aiguilles. La presque totalité de la roche reste donc composée de menus cristaux d'orthose, d'oligoclase et de quartz avec de fines paillettes de muscovite disséminées en aussi grande abondance que la biotite.

Analyse du granite du G. Fatireh :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P. F.	Total
66,2	16,6	0,8	1,9	0,6	1,7	4,5	5,8	1,9	0,65	100,65

Classification : I(II). 4'. 2. 4''.

Granite gris. — Ce granite a l'aspect des granites les plus fins de Vire. Il est grisâtre, c'est-à-dire que dans sa pâte sont disséminés de menus éléments noirs ferro-magnésiens. L'apatite, la magnétite et le sphène y sont abondants : le sphène, qu'il soit un minéral constituant de la roche ou provienne de l'altération de la titanomagnétite, est coloré en jaune pâle et peut être incolore ; celui-ci est dispersé dans la pâte ou concentré autour des cristaux qui lui ont donné naissance, leur formant une auréole blanche, apparente surtout, dans les cristaux de titanomagnétite inclus dans la biotite.

Les éléments colorés sont représentés par de la biotite brune et de la hornblende vert pâle ; les feldspaths, par de l'orthose et de l'andésine. Le quartz y est en petite quantité. L'analyse révèle une granodiorite (voir p. 136).

Leur structure est uniforme ; les feldspaths ont tendance à se développer normalement et à prendre l'aspect automorphe, à l'exception toutefois de l'orthose, disposée en grandes plages irrégulières. L'andésine est mâclée suivant les lois les plus fréquentes de l'albite et de Carlsbad, les cristaux sont souvent zonés : dans certains gisements, le centre de chacun d'eux est occupé par de l'oligoclase-albite 6:1 à 14 °/₀ d'An. qui passe insensiblement à une zone extérieure plus biréfringente constituée par de l'oligoclase-andésine à 29 °/₀ d'An., ainsi que permettent de le démontrer des sections perpendiculaires à n_g. Cette zone extérieure n'est jamais mâclée : aussi la détermina-

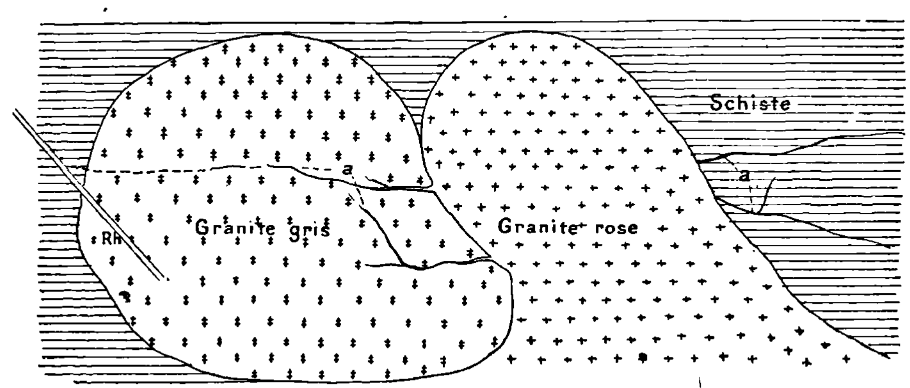


Fig. 37. — Contact des granites gris et rose, montrant la postériorité de ce dernier. (Contreforts méridionaux du G. Doukhan.) a, aplatite; rh., rhyolite.

tion en devient-elle difficile dans les roches où le noyau central n'existe plus. La forme du minéral disparaît, son extinction ne peut plus être rapportée qu'au clivage, tandis que sa réfringence permet de le distinguer de l'orthose.

La hornblende est altérée en une autre moins ferrugineuse, incolore et peu biréfringente, qui occupe le centre des anciens cristaux. Le fer mis en liberté apparaît sous la forme d'un fin pigment d'hématite irrégulièrement dispersé à partir du centre de l'ancien minéral.

Cette roche est très rare et en certains cas, comme dans le gisement du G. Beli, il est à se demander si l'on ne serait pas en présence d'une diorite du type le plus acide dynamométamorphisée, tant la nature et la forme extérieure des feldspaths sont semblables à celle des roches de cette origine.

Des roches semblables apparaissent dans le ouadi Gattar. Au Sinaï, dans le ouadi Oum-Zerig, la vallée en se creusant atteint une petite bosse de ce

granite dont le grain est très fin et qui ne présente comme élément coloré que du mica.

Analyse :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P^2O^5	P. F.	Total
66,2	15,7	1,1	2,5	1,2	1,2	3,6	4,4	2,5	n.d.	0,5	99,8

Classification : (I)II. 4. 2(3).4 (cf. *granodiorite*, p. 136).

§ 2. — Aspect, disposition et description des filons accompagnant le granite.

De nombreux filons accompagnent la mise en place des granites roses et des granites d'Assouan. Ils se multiplient dans certains districts pour disparaître complètement ailleurs. On les trouve surtout aux environs d'Assouan, au voisinage du G. Doukhan et disséminés dans la péninsule Sinaïtique (O. Agraf, O. Kyd, etc.) au milieu des granites et des schistes. Le plus souvent ils sont orientés en tous sens ; leur disposition parallèle est une exception. La seule région où j'aie observé un parallélisme régulier est celle des collines granitiques et schisteuses comprises entre le O. Beli et le O. Abou-Mâammal, dans les derniers contreforts du G. Doukhan, à l'est de ce massif. Ici, les diabases prédominent ; leurs filons ont une épaisseur assez constante de cinq à six mètres et sont uniformément dirigés N. 60° E. Ce parallélisme est accentué par la longueur de ces filons qui atteint, pour chacun d'eux, plusieurs kilomètres. Une tendance au parallélisme est visible dans la région d'Assouan, au moins pour certains groupes de filons : les uns sont dirigés de l'est à l'ouest, d'autres N. 87°-E, N. 75°-E. et enfin N-S.

Les pegmatites si abondantes aux environs de cette même localité n'ont, par contre, aucune direction bien définie ; leurs filons sont d'une épaisseur très irrégulière, et souvent cette roche apparaît en amas informes au milieu du granite.

Au Sinaï, dans le Ouadi Oum-Agraf, les filons de diabase équidistants sont si rapprochés, au milieu du granite rose qu'un observateur non prévenu pourrait se demander quelle est des deux roches celle qui est intrusive. Ce sont ces dispositions qui déterminent dans la montagne des profils

régulièrement dentelés, résultant de la résistance des filons supérieure à celle des granites. Ainsi dans le G. Gattar ou dans les collines du G. Doukhan, les filons parallèles donnent chacun une série de crêtes successives qui en rehausse la disposition parallèle.

Dans le O. Kyd, les filons arrivent à être si rapprochés qu'ils se pressent les uns contre les autres et s'entrecroisent.

La longueur de ces filons est très variable : au G. Doukhan il en est qui atteignent et dépassent 5 kilomètres. Leur direction horizontale est rectiligne, très rarement incurvée ou brisée ; leur épaisseur varie de quelques décimètres à 120 mètres, mais celle des rhyolites ne dépasse guère 25 mètres sans donner naissance, au centre, à un granite dont les salbandes seules restent

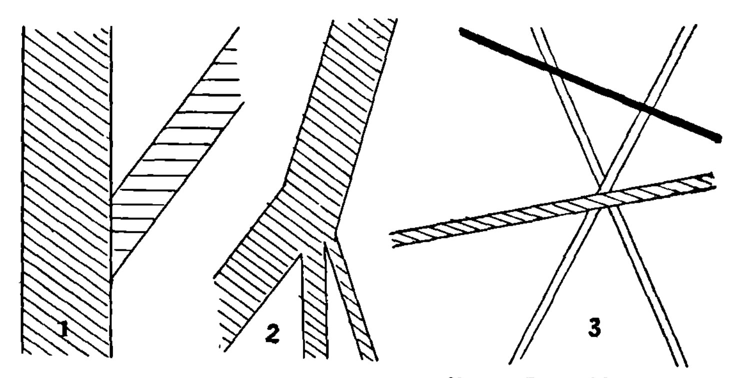


Fig 38. — Dispositions diverses de filons : G. Doukhan.

microgrenues et même vitreuses sur une petite épaisseur de 5 à 10 centimètres. En ce cas il y a un passage insensible du granite à la rhyolite, mais la zone de transition de ces roches est toujours réduite à quelques centimètres.

La différence de structure du centre aux salbandes est surtout visible dans les labradorites dès que les filons de cette roche contiennent des phénocristaux de labrador. Ceux-ci prennent alors un grand développement ; ils atteignent jusqu'à 15 centimètres de long et l'aspect porphyrique qu'ils donnent à la roche contraste vivement avec les salbandes finement grenues ou microlitiques qui demeurent très apparents.

Dans les profondes vallées du G. Doukhan, les rhyolites et les diabases sont mises à nu sur une profondeur pouvant atteindre 1000 mètres, sans qu'il apparaisse, en hauteur, la moindre variation dans leur grain ou leur couleur. On remarque seulement que ces filons, très souvent rectilignes de la

base au sommet, sont diversement inclinés mais toujours voisins de la verticale. Dans le G. Doukhan où leur variété est la plus grande, on en voit dont la ligne s'incurve en un arc de grand rayon, d'autres qui prennent la forme d'un S aux courbes bien accentuées sur une hauteur de 80 mètres. Les aplites, par contre, se présentent sans direction fixe : elles s'enchevêtrent au voisinage du granite, sont normales ou parallèles à la ligne de contact, souvent disposées horizontalement suivant les plans de stratification des schistes ou des grès au milieu desquels elles se sont fait jour.

Dans cette même région du G. Doukhan, où les filons apparaissent parfois en un plexus inextricable, des rhyolites se heurtent à des filons de la même roche et se terminent à leur contact. Le O. Màammal montre des étoiles de ces filons provenant de la rencontre en un même point de trois d'entre eux, ou de la division de l'un d'eux en trois branches issues d'une même souche. Il est à remarquer en ce cas que la somme de leurs épaisseurs dépasse toujours en importance celle du filon duquel elles se détachent (fig. 38).

La couleur des rhyolites est très variable : blanche, rosée, grise, noire, brune, rouge ; les plus abondantes sont celles dont la couleur est rose-chair ou brune. La finesse de leur grain plutôt que leur composition chimique semble jouer un rôle important dans les variations de couleur de ces roches : ainsi des deux analyses n°s 20 et 27, la dernière de ces ryolites qui est la plus riche en fer est la plus blanche, l'autre étant brunâtre et presque noire.

Filons dits complémentaires. — Ces filons sont abondants et localisés dans la région du G. Doukhan. Le cas le plus fréquent est représenté par un filon de diabase accolé à un autre plus important de rhyolite. Celui-ci peut être encadré suivant les deux épontes par la diabase (fig. 39) ; un filon bifide est bordé d'un seul côté de diabase, tandis qu'à la fourche cette roche occupe les épontes à l'intérieur de l'angle aigu.

Le O. Mâammal montre aussi un filon déjeté dont l'un des segments seul est mixte. L'association la plus curieuse est celle d'un filonet de diabase serpentant en plein milieu d'un microgranite aux salbandes rhyolitiques. Sur tout son parcours se détachent de très minces filonets qui se perdent dans la rhyolite ou rejoignent la diabase après 10 ou 20 centimètres de parcours.

Il est à remarquer que dans toutes ces associations de filons complémentaires, la diabase est toujours, en section et en étendue, moins importante que la rhyolite qu'elle accompagne : elle ne s'y associe que sur une partie de sa longueur.

Les rhyolites, très souvent déchaussées, moulent toujours leurs épontes et donnent des figures curieuses représentant des ondulations ressemblant aux *ripple-marks*, ou des miroirs de faille avec leurs rayures parallèles (Pl. V, 12), ou encore de longues stries anguleuses. Les diabases qui s'interposent entre ces roches et leurs épontes reproduisent la même figure aussi bien côté schiste que côté rhyolite de l'éponte, donnant d'une part un

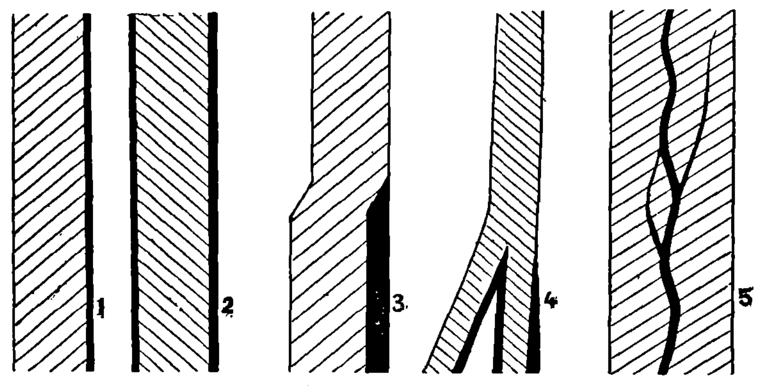


Fig. 39. — Filons mixtes. Rhyolite (en hachures) et diabase (en noir).

moulage, et d'autre part, le contre-moulage de la salbande rhyolitique, prouvant ainsi l'antériorité de cette dernière roche. D'ailleurs la postériorité des diabases est confirmée à la rencontre des deux roches, car elles traversent toujours les filons de rhyolite.

A. — Aplites.

Ces roches sont inégalement réparties, et, comme les rhyolites, se présentent par districts ; aussi peut-on suivre des centaines de kilomètres de contact sans en rencontrer. C'est dans la région d'Assouan qu'elles sont le mieux développées, ainsi qu'en certains points du contact des granites roses à allanite, notamment au G. Doukhan. Ici on peut les suivre sur toute leur longueur : on les voit prendre naissance sur la ligne de contact, s'en éloigner

suivant des inclinaisons variées correspondant souvent aux plans de stratification des roches encaissantes. Les filons sont blancs ou roses ; leur épaisseur maximum est 60 à 80 centimètres, ils se dédoublent, se séparent ou se rejoignent sur leur parcours et se terminent toujours à une faible distance du massif granitique.

Dans la vallée de Hazzan (Assouan) leur grain est souvent hétérogène du centre à la périphérie, le centre tendant vers une pegmatite par le développement démesuré de ses éléments. D'autres filons visibles dans les carrières anciennes offrent à leurs salbandes une zone plus sombre due au développement d'une quantité notable de biotite. Le passage de l'une à l'autre de ces roches se fait sans transition, suivant une zone accentuée, en certains cas, par une légère concentration de mica.

Ces roches sont constituées par de l'orthose, de l'oligoclase ou de l'oligoclase-albite et du quartz. On y voit une petite quantité de biotite ou de muscovite, et parfois de la titanomagnétite.

Leur structure est variée mais se ramène à deux types distincts et à un troisième réalisant la combinaison de ceux-ci. Dans un cas elles sont granulitiques, c'est-à-dire leurs éléments sont pressés les uns contre les autres, donnant une mosaïque régulière. Ces roches sont abondantes au O. Zaghara (Sinaï). Dans l'autre cas de beaucoup plus fréquent, elles montrent aussi un grain régulier, mais les minéraux constituants ont un contour irrégulier très dentelé, et à leur périphérie, s'enchevêtrent.

Dans quelques filons des environs d'Assouan le quartz et les feldspaths ont leurs contours arrondis, et il s'en détache des globules ou des flocons noyés dans la pâte mais ayant conservé la même extinction que le minéral primitif. C'est la *structure à résidu* typique. Ces roches ont donc subi les actions dynamiques qui ont affecté les granites d'Assouan.

B. — Microgranites et micropegmatites.

Les pegmatites sont rares. On les trouve dans la région d'Assouan et d'Oum-Bogma (Sinaï). Elles ont la composition des roches dont la description suit, avec de gros cristaux d'orthose montrant des associations graphiques de quartz. C'est de ces roches que les Nubiens ont extrait autrefois les

grenats spessartite que l'on rencontre encore entre leurs mains dans la ville d'Assouan ou l'Ile Eléphantine.

Les micropegmatites sont par contre très abondantes et toujours dans les régions filoniennes déjà mentionnées.

Elles sont à un ou deux temps de consolidation ; dans ce dernier cas le quartz est en grandes plages corrodées, les feldspaths en larges cristaux automorphes à contours irréguliers dont les apophyses filiformes s'insinuent entre les divers éléments de la pâte. Leur couleur est rouge, grisâtre ou noirâtre, les phénocristaux, de taille variable jusqu'à devenir imperceptibles, modifient, d'un filon à l'autre, l'aspect extérieur de ces roches.

Les feldspaths sont uniquement de l'orthose et de l'albite disposés en associations perthitiques. Le microcline y est très rare ainsi que les plagioclases. Un seul spécimen contenait de l'oligoclase-andésine, dans une pâte microgrenue.

Le quartz diminue considérablement d'une roche à l'autre : aussi peut-on établir une série passant insensiblement à des microsyénites. La magnétite et la limonite sont disposées en baguettes ou en granulations éparses dans la roche. Le sphène est très rare. Quant aux éléments colorés, de la roche, si elle en contient, ce sont uniquement des paillettes d'amphibole verte ayant tendance à se rassembler.

Les associations micropegmatiques de feldspath et de quartz sont variées et montrent tous les passages du microgranite aux micropegmatites : on voit des quartz corrodés, d'autres dont les cristaux s'interpénètrent, ou encore du quartz englobant pœcilitiquement des grains de feldspath. Cette association est si intime, qu'en certains cas on ne peut savoir quel est celui des deux minéraux qui englobe l'autre. Beaucoup de roches ne possèdent ces minéraux qu'en associations pegmatiques, sans laisser de place ni à du quartz ni à du feldspath indépendants.

Une de ces roches montre du quartz disposé suivant les clivages de l'orthose, ou dispersé dans le feldspath à la manière d'un groupement perthitique, avec des associations variées, parallèles ou orthogonales.

Ces plages micropegmatiques sont isométriques ou allongées ; d'autres s'interpénètrent, d'autres sont penniformes.

La planche XII donne d'ailleurs une idée de la multiplicité des formes et combinaisons auxquelles ces groupements prêtent.

Les microgranites abondent dans les mêmes districts que précédemment. Ils paraissent variés en raison de leur couleur ou de leur aspect extérieur, mais ils se ramènent à un petit nombre de types suivant leur structure.

Type granitique. — Les minéraux constituants sont ceux du granite : apatite, magnétite, sphène. Le mica est la variété verdâtre. L'amphibole est rare. Les feldspaths sont uniquement de l'orthose, de l'albite ou de l'andésine, en phénocristaux ou constituant la pâte microgrenue.

L'une de ces roches contient de la thulite. Elle est rose pâle, d'un grain plus grossier que les autres, et constituée d'albite et d'andésine albitisée, en phénocristaux. La biotite est rassemblée et accolée en faisceaux à extinction ondulée ; elle est criblée de paillettes d'hématite. Son polychroïsme est dans les teintes vert et jaune pâle avec une grande différence d'absorption. Les mêmes éléments se retrouvent dans la pâte, avec les minéraux de première consolidation : apatite, magnétite et zircon. La thulite est dispersée dans les feldspaths ou rassemblée autour de l'hématite, et accompagnée d'épidote.

Type gneissiforme. — Cette roche est formée de zircon, et de cristaux dentelés d'orthose, d'oligoclase, d'andésine, et de quartz. De plus grandes plages de quartz et d'orthose profondément dentelées s'insinuent entre les minéraux précédents, et ces feldspaths de grande taille sont en partie albitisés. L'hématite occupe les espaces interstitiels des feldspaths ou se dispose linéairement au milieu d'eux.

Type zoné. — J'ai recueilli ce type dans le O. Zaghara (Sinaï), où il traverse les schistes. Il est intermédiaire entre les microgranites et les microdiorites, par conséquent tend vers une monzonite. La roche est grisâtre et ses phénocristaux de feldspath s'estompent dans le reste de la pâte : elle ressemble aux microgranites de la première série recueillis dans le massif du Doukhan. La nature et la disposition des feldspaths permet de se demander si l'on n'est pas en présence d'une microdiorite dynamométamorphisée, d'autant plus que la région a été soumise à des actions dynamiques intenses.

Les phénocristaux sont hétérogènes. Leur centre est occupé par du labrador, et la périphérie passe sans transition à de l'oligoclase ou de l'oligoclase-albite à 11 °/₀ d'An. Des lamelles de biotite brune sont dispersées dans la masse de la roche ; elles contiennent de fines aiguilles de rutile disposées parallèle-

ment en deux séries orthogonales, et allongées à 45° des axes. On y voit aussi de grands cristaux d'une amphibole vert pâle altérée en pennine et épidote, et peu biréfringente.

La pâte est fine et n'a que quelques paillettes de mica comme élément coloré ; elle est formée de grands microlites automorphes d'oligoclase-albite maclés suivant la loi de Carlsbad, passant par une zone extérieure à de l'oligoclase-andésine plus réfringente et plus biréfringente. L'extinction de l'un des feldspaths se fait à 15°, celle de l'autre à 3° dans les sections perpendiculaires à n_g. Enfin y sont mélangés quelques cristaux de microcline et du quartz en petites plages xénomorphes. Mais tous les microlites sont entourés de flammes de myrmekite dont le feldspath est à plus grande extinction que le cristal central, et sa réfringence comme sa biréfringence supérieures à celles de ce dernier, indiquent un feldspath plus basique. Il se produit donc le contraire de ce que nous avons vu dans les phénocristaux, et cela indique qu'entre les deux termes extrêmes marqués par les phénocristaux et les microlites, il tend à se former une pâte intermédiaire dont l'action sur les uns et les autres de ces feldspaths donnera une zone plus acide autour de l'un d'eux et plus basique autour de l'autre. Et dans ce dernier cas il se produit, avec le quartz, une cristallisation simultanée. Quant au noyau central qui reste stable, il conserve l'allure automorphe du cristal primitif : aussi toutes ses sections sont-elles géométriques.

C. — Rhyolites et diabases.

Ces roches qui accompagnent les granites n'ont rien de particulier. Les rhyolites sont des termes plus acides du magna microgranitique ; elles réalisent généralement la structure *globulaire* de Michel-Lévy. Les phénocristaux, s'il y en a, peuvent en certains cas être de l'oligoclase-andésine. Ils subissent souvent, au cours de la cristallisation du magna, un commencement de corrosion. Il en existe aussi ayant la structure sphérolitique. Généralement la pâte est essentiellement alcaline et quartzeuse et l'on peut observer facilement que les phénocristaux basiques cristallisent les premiers et que par conséquent l'acidité de la pâte est en raison de leur abondance : les rhyolites à pâte fine qui en seront dépourvues seront essentiellement alcalines et siliceuses, et à l'analyse, il n'y apparaîtra pas la moindre trace de CaO.

§ 3. — Passage du granite à la rhyolite.

Quelques filons de granite d'une certaine importance, dépassant une trentaine de mètres d'épaisseur et s'élevant au milieu des schistes du G. Doukhan, passent à leurs salbandes, et sur un petit espace de cinq à dix centimètres au maximum, à une rhyolite. Cela s'observe surtout le long de la vallée des carrières de *porphyre rouge* dont le fond est entaillé dans un de ces filons. Celui-ci, que l'on peut suivre facilement sur des centaines de mètres, a une épaisseur d'environ 80 mètres. Il rejoint en profondeur le granite rose dont il est en quelque sorte une apophyse et s'incurve au sommet de la vallée pour gagner, au sud, par le col de Bararig, le massif granitique qui apparaît au

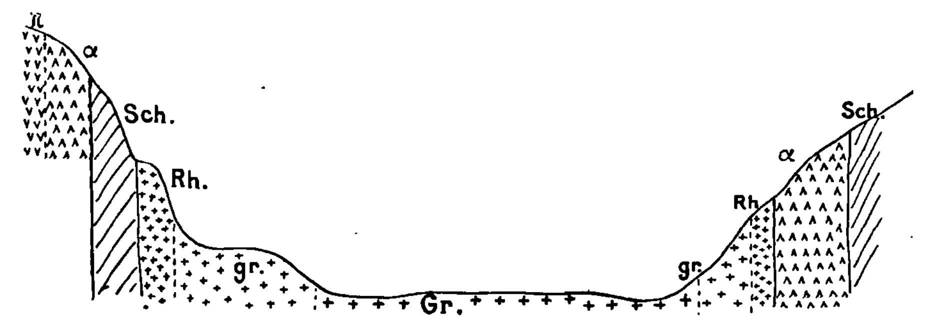


Fig. 40. — Section transversale du O. Abou-Mâammal. Sch, schistes; Gr, granite ; gr, microgranite ; Rh, rholite ; α, dacitoïde ; π, porphyre rouge.

fond des vallées et dont la ligne de contact suit sensiblement une courbe de niveau (voir fig. 14 et 40).

En profondeur et vers le sud, les salbandes de ce filon se redressent, et la ligne de contact se poursuit, le long de la montagne, sur le flanc nord du O. Beli.

Dans la vallée d'Abou-Mâammal, les salbandes du granite s'élèvent de quelques mètres sur les flancs de l'ouadi dont le fond correspond à la partie centrale du filon. Sur les deux mètres précédant le contact, le granite passe insensiblement à un microgranite à deux temps de consolidation : à trente centimètres du contact, la roche ressemble à s'y méprendre aux microgranites violacés de la région. Enfin, sur 10 centimètres, elle devient une rhyolite, presque vitreuse aux salbandes mêmes. Les analyses des

deux roches extrêmes de ce filon montrent qu'aux salbandes il y a un appauvrissement du magna en CaO, et une augmentation de la silice libre. Les alcalis ne varient pas sensiblement.

Analyses :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P^2O^5	P.F.	Tot.
a)	72,8	14,4	0,6	1,1	0,5	0,3	1,0	4,2	4,4	n.d.	0,5	99,8
b)	77,4	11,75	1,0	0,6	0,15	0,05	tr.	4,3	4,3	—	0,2	99,75

a) Granite, centre du filon : I. 4. 2(1). 3."
b) Rhyolite, salbande du filon : I. '4. 1. 3(4).

Le calcul indique 36 °/₀ de silice libre dans la rhyolite, contre 30,6 dans le granite, de même 0,0 d'An. contre 5 °/₀ de ce feldspath dans le granite.

§ 4. — Multiplication locale des filons de rhyolite.

Les filons de rhyolite et de diabase sont parfois si rapprochés qu'ils arrivent à se substituer entièrement, sur des espaces assez étendus, à la roche encaissante, et constituent de véritables petits massifs où abondent surtout les rhyolites. On peut voir toutes les transitions entre les régions dans lesquelles les filons sont espacés (O. Oum Agraf) et d'autres où ils sont accolés les uns aux autres et enchevêtrés.

O. Malhadge (Sinaï oriental). — Cette disposition, rare dans le désert Arabique, est très nette ici, où elle ne présente qu'une partie visible du substratum, dans les interstices laissés par les filons. Ceux-ci (fig. 41) sont des rhyolites noires, brunâtres, rouges ou roses etc. traversant un massif dioritique, et traversées elles-mêmes de diabases. Ils prennent une même direction est-ouest, sauf quelques exceptions où des diabases sont allongées au nord-est.

Les inclinaisons varient également un peu, comme le montre la figure, mais tendent à être parallèles ; elles arrivent à se rapprocher de la verticale avec faible pendage au sud. Les flancs de la vallée, dénudés par les eaux torrentielles, rendent cette disposition des filons très faciles à relever : c'est là que la diorite constituant la roche encaissante est visible. Les éboulis de la sur-

face en la masquant laissent à cette région étendue de 500 mètres, l'aspect d'un massif rhyolitique comparable aux suivants.

O. Kyd. — En suivant le O. Kyd et les vallées voisines de son embouchure, ces accumulations de filons sont fréquentes ; leur importance est variable, se réduit à la réunion de trois, quatre, six filons qui s'étendent sur deux à trois cents mètres de long. La disposition est la même que précédemment, avec tendance à une direction et une inclinaison uniques autant qu'il est possible de l'observer, car le plus souvent les contacts se confondent avec les fines diaclases de ces roches ou sont recouverts par leurs éboulis,

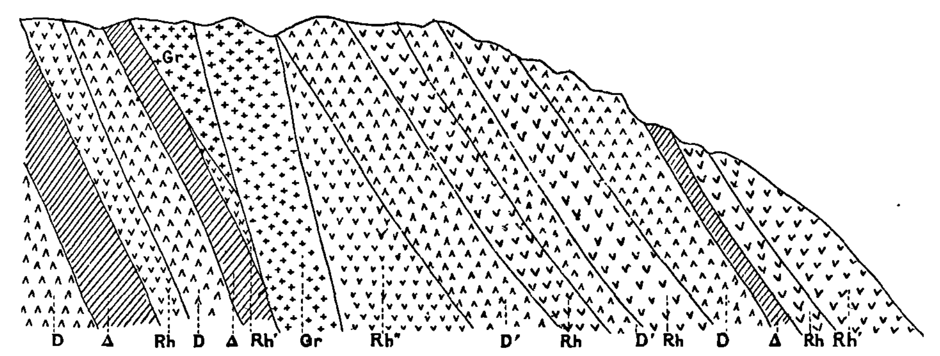


Fig. 41. — Multiplication des filons dans le O. Malhadge. Rh., rhyolites noires ou brunâtres ; Rh', rhyolites rouges ; Rh", rhyolites roses et blanches ; D, diorite ; Δ, diabase.

et si les filons ne sont pas enchevêtrés, leur couleur est le seul indice de l'hétérogénéité de ces massifs et de la direction de leurs filons constituants.

Ces massifs filoniens sont surtout rhyolitiques (Pl. V, 1, 2, 3, 4).

G. Abou-Khroug. — Cette localité est la seule du Désert Arabique où j'aie observé ce rassemblement local de filons rhyolitiques.

Celui-ci constitue une partie de la montagne. Il s'élève au milieu des schistes, et surmonte une bosse de syénite néphélinique qui lui est postérieure.

Il est constitué de filons diversement colorés, mais rendus noirâtres par leur patine.

CHAPITRE VI

CINQUIÈME SÉRIE ÉRUPTIVE
BASALTES DU SINAÏ

Ces basaltes, peu importants par leur étendue, se rapprochent beaucoup stratigraphiquement de la série qui fait l'objet du chapitre suivant ; les lambeaux de leurs coulées sont localisés dans les grès qui s'étendent au sud du O. Baba, à proximité, par conséquent, de la bordure méridionale du Tih. Ils s'étendent sur environ vingt kilomètres du N.-E. au S.-O. et apparaissent aux endroits des plateaux épargnés par l'érosion. Ils contribuent d'ailleurs à protéger les grès inférieurs et sont eux-mêmes protégés par des grès très compacts, semblables, par la finesse de leur grain, aux grès May ou aux grès des Vosges. Cet aspect les a fait supposer métamorphisés par les basaltes : aussi Barron considère-t-il ceux-ci comme des coulées intrusives. Les différents lambeaux ont été dénivelés par les failles, si nombreuses en cet endroit qu'elles ont largement contribué au démantèlement de l'appareil volcanique auxquels ils appartiennent (voir pp. 55, 56).

G. Abou-Sôr. — Voici comment se présente l'un des gisements :

Sommet.	7. Grès blanc friable	6 m.
	6. Grès blanc compact	4 m.
	5. Grès rose	4 m.
	4. *Basalte*	6 m.
	3. Grès et quartzites blancs	10 m.
	2. Grès roses, blancs, ou pourprés avec bandes de psammites	280-300 m.
	1. Calcaire violacé moscovien	3 m.

Les basaltes des différents gisements se ramènent au suivant :

Basalte doléritique. — Le type de ce basalte est donné par le fragment de coulée de Sérabit-el-Khadim. Sa structure est franchement ophitique ; les labradors assez uniformément développés sont maclés suivant les lois de Carlsbad et de l'albite, quelquefois de la péricline. Leurs extrémités se noient dans d'énormes cristaux d'augite d'un gris rosé et non polychroïques, mais offrant des différences de composition qui donnent dans un même cristal des extinctions légèrement différentes au centre et à la périphérie (supérieure de 2° à la périphérie), mais qui ne se traduisent par aucune variation dans la coloration ni la réfringence. L'olivine est dispersée dans la roche en petits cristaux arrondis ainsi que l'augite qui se présente aussi en lamelles allongées. Elle est altérée en antigorite suivant ses cassures ; ce minéral émigre aussi dans les espaces interstitiels de la roche, qu'il remplit de sa substance verdâtre à tendance fibreuse.

La coulée qui couronne le G. Ghourabi est formée d'une roche semblable ; les mêmes éléments s'y présentent, et de la même façon ; seulement, il y apparaît de la biotite, et, soit que le refroidissement ait été plus rapide ou que le spécimen étudié ait été recueilli à la périphérie de la coulée, il se présente avec un grain légèrement plus fin que précédemment ; l'augite et l'olivine y sont en phénocristaux, ce qui distingue déjà cette roche des autres qui n'ont comme phénocristaux que de l'augite.

La magnétite y est assez abondante, et le rutile en rares petits cristaux.

Les coulées de cette roche sont encore apparentes au G. Abou-Sôr, au G. Farch-el-Azrak ; dans leur ensemble elles forment trois lambeaux qui s'échelonnent entre l'O. Nasb. et l'O. Schellal. Au sud de ces régions, elles couronnent les montagnes suivantes : G. Moneïdja, G. Abou-Trafia, G. Genaïa. A l'est elles couronnent le sommet du G. Serabit, et celui du G. Ghourabi. Ce sont là les seuls endroits où apparaissent des vestiges de ces anciennes coulées.

Comme on le voit en se reportant à la carte (voir carte 1, page 56), elles recouvrent un espace assez peu étendu : aussi peut-on, tenant compte de la similitude des roches de tous ces gisements, les considérer comme une coulée unique divisée par le creusement des vallées profondes qui se

multiplient à cet endroit, et portées à des niveaux différents par les nombreuses failles qui affectent l'espace occupé par les grès, au voisinage de la dépression érythréenne.

Un filon, que l'on doit considérer comme la cheminée ayant donné l'épanchement de ces roches, s'étend avec de petites solutions de continuité du ouadi Schellal au sud-ouest du O. Oum-Gamila. Il s'en élève un autre qui peut être aussi un fragment de celui-là au G. Malh, à l'embouchure du O. Habbouz.

Ce filon est visible au G. Abou-Marag près du G. Habbouz. Il est très altéré en cet endroit et Raboisson, à qui la nature, l'âge et la position de ces roches ont échappé, le considère comme un des filons de diabase ayant accompagné l'ascension du granite. Naturellement, il suppose les roches éruptives anciennes postérieures au dépôt des grès et par conséquent post-carbonifères.

Dans sa carte, Barron [113] attribue aux basaltes les bosses des Gebels Tarbouch et Madsous, ainsi que deux autres bosses de moindre importance s'élevant au sud de celles-là ; ces gisements qui seraient d'énormes *necks* se dressent à la bordure orientale du massif cristallin, entre 28° 30' et 28° 24' de latitude nord.

Il ne faut pas confondre les filons du O. Taïeb avec ceux-là : nous verrons par la suite qu'ils appartiennent à la série des basaltes méditerranéens.

Analyse du basalte de Sérabit-el-Khadim :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P^2O^5	P.F	Total
49,7	17,45	1,7	7,35	1,25	6,85	9,0	2,95	0,9	n.d	2,4	99,55

Classification : II(III). 5. '4. '4.

CHAPITRE VII

SIXIÈME SÉRIE ÉRUPTIVE

ROCHES CRÉTACIQUES DU OUADI NATASCH

§ 1. — Topographie.

La région recouverte par les roches éruptives relativement récentes constitue un quadrilatère dirigé SE.-NO. et s'étendant autour d'un point ayant comme coordonnées 24° 25′ de lat. N. et 34° 10′ de long. E. Ses dimensions sont : trente-cinq kilomètres en longueur, et vingt en largeur. Hume en exagère notablement l'étendue dans sa carte [115], et la confond avec les schistes du nord, suivant une bande étroite, d'une longueur voisine de trente kilomètres, de direction N.N.-O. allongée entre les granites et les grès de Nubie (voir carte 5, p. 207).

Elle est limitée au nord par le O. Schaït, au sud par le O. Antar ; le O. Natasch la traverse en son milieu : ces trois vallées aboutissent au Nil, et des tributaires de petite étendue, drainent le plateau volcanique du Natasch. Leur érosion atteint les roches profondes, et leurs flancs sectionnent les coulées inférieures.

Cette région se heurte au nord aux schistes noirs, au sud, elle s'arrête aux schistes verts et aux roches granitiques et dioritiques ; vers l'ouest elle passe sous les grès où une crête de gneiss amphiboliques, jalonnée par les Gebels Abou-Khroug, Oum-Sarg, Oum-Ghouraf et Oum-Khérit l'endigue sur toute sa longueur. Le point culminant est le G. Abou-Khroug dont la hauteur atteint 870 mètres tandis que son diamètre est voisin de 9 kilomètres. Les autres montagnes dominent la plaine de cent cinquante mètres en moyenne.

A droite et à gauche du O. Schaït se dressent le G. Soufra (690 m.)

et le G. Nazla ; aucun affluent intéressant n'aboutit à l'ouadi au voisinage de ces montagnes. Le O. Natasch reçoit à droite les ouadis Masour et Higilig, à gauche les ouadis Ãbd puis El-Ouaï ; il atteint les grès, et un peu au delà, le O. Néhihé le rejoint à droite, après avoir parcouru et draîné la partie méridionale du plateau qui s'étend vers le O. Schaït. Chacune de ces vallées correspond à un accident du même nom qu'elle : Gebel Masour (en réalité un petit plateau surbaissé et non une montagne), G. Higlig, G. Néhihè formant autant de crêtes élevées de 50 m. à 70 m. au-dessus du sol. A gauche du Natasch, deux crêtes circulaires élevées respectivement de quinze et quatre-vingt mètres portent les noms de Urf-el-Ouaï et Urf-el-Natasch.

Après avoir pénétré la crête gneissique, le O. Antar s'élargit sur des coulées, puis il sépare les schistes verts du massif dioritique arénacé de sa rive gauche ; il laisse à droite le G. Diréra qui le domine de quarante mètres, pour pénétrer dans les grès.

En somme, la région sur laquelle s'étalent les roches en question a l'allure d'un plateau dont l'uniformité est interrompue par des crêtes, des buttes tabulaires, des dômes largement espacés, et représentant des successions de coulées ou des cheminées.

Les coulées sont localisées ici, mais les necks dispersés à l'E. et au N.-E., jusqu'à la route de Coçéir attestent l'importance des émissions volcaniques dont ces coulées ne représentent que des vestiges. Et on constate encore que vers l'ouest elles se perdent sous les grès, de sorte qu'à l'espace déjà étendu et arasé, au milieu duquel ne subsiste, avec quelques coulées, que la partie profonde des cheminées, en correspond symétriquement un autre, noyé sous les grès et dont l'importance, de ce fait, échappe à l'observateur.

§ 2. — **Minéraux constituants.**

Feldspaths. — La détermination en est difficile dans les roches sodiques car ils sont généralement très altérés et tendent à se transformer en albite par épigénisation. Celle-ci commence par le bord du cristal et lui forme une sorte d'enveloppe extérieure ; elle se produit aussi suivant de larges bandes à

l'intérieur du feldspath ou se dispose en taches qui tendent à se substituer entièrement à lui. Généralement l'albite n'est pas maclée, aussi ne peut-on l'identifier que par sa réfringence moyenne ou l'extinction de sections perpendiculaires à des axes optiques.

Les feldspaths très acides comme l'oligoclase-albite à 11 °/₀ d'anorthite ont une grande tendance à se décomposer, donnant de l'albite et de la calcite ; la plupart de ces roches sont donc plus ou moins albitisées et montreront sous le microscope une abondance relative de calcite, ce qui n'est ordinairement commun que dans les roches à feldspaths basiques. Les cristaux sont rarement homogènes, les macles peu fréquentes, jamais bien développées dans les cristaux épigénisés ; leur détermination se fait assez facilement par la mesure de leur extinction dans les sections perpendiculaires à n_g.

Biotite. — La *biotite* est en lamelles xénomorphes, polychroïques en brun clair tirant sur le rouge orangé et presque incolore dans la direction transversale. Elle tend à se décomposer en donnant des plages à clivages très accentués, polychroïques en jaune brun suivant le sens de l'allongement et incolore dans l'autre sens. Très souvent aussi elle passe à sa périphérie à une zone verdâtre dont la couleur se combine aux précédentes, le centre étant occupé des amas verdâtres ou amorphes de *chlorite*.

Augite. — L'*augite* est d'un gris brun tirant sur le rose mais différant sensiblement de la couleur de certaines augites titanifères. Elle n'est jamais polychroïque.

Dans les roches les plus basiques, elle s'altère ne laissant subsister qu'un squelette ferrugineux en baguette, ou un agrégat d'*hématite* qui conserve la forme extérieure du minéral primitif et décèle la présence des phénocristaux disparus, tandis que les baguettes représentent des restes de microlites.

Minéraux accessoires. — La *magnétite* se transforme aussi en une hématite très colorée en rouge orangé et amorphe. L'*hématite* est dispersée dans toutes ces roches en flocons isolés ou accompagnant la magnétite.

L'*apatite* est le plus souvent rare ; dans toutes les roches à plagioclase acide elle est intimement imprégnée d'un fin pigment d'apparence ciné-

riforme lui donnant une couleur grisâtre due à de minuscules aiguilles de rutile. C'est à cela qu'elle doit son polychroïsme.

Ces mêmes roches contiennent parfois de la *fayalite* présentant un polychroïsme sensible dans les teintes jaune clair, avec maximum d'absorption suivant n_g.

La *bowlingite* résulte de l'altération des phénocristaux de ce minéral dont elle conserve la forme cristalline p (001), m (110), g^1 (010), g^3 (120) et se présente en plages uniformes colorées en jaune orangé avec un clivage p très accentué. Les axes optiques sont très rapprochés ; le minéral est presque uniaxe et de signe négatif.

Les roches sodiques ont des minéraux particuliers, de la *biotite rouge-brun*, de l'*amphibole brune* rappelant celle des hornblendes basaltiques. L'*arfvedsonite* y est très fréquente ; l'*ægyrine* en flocons ou en petites baguettes, ainsi que l'*augite ægyrinique*. Enfin il y apparaît une amphibole du groupe de la *katoforite*, caractéristique par son angle d'extinction voisin de 30° rapporté à n_p, polychroïque dans les tons vert foncé, avec maximum d'absorption suivant n_m ; dans certaines roches elle est presque opaque suivant cette direction.

La *néphéline*, la *sodalite* et la *noséane* n'existent qu'en deux gisements seulement.

§ 3. — Description des roches.

1° — ROCHE PROFONDE : SYÉNITE NÉPHÉLINIQUE

Le G. Abou-Khroug est le seul endroit où apparaissent des roches sodiques profondes, c'est un massif de syénites néphéliniques qui s'élève au contact des gneiss et de massifs schisteux percés de diorites. Au sommet, un massif formé de l'enchevêtrement de filons rhyolitiques le couronne. Il lui est antérieur ainsi que le montrent les filons de syénite qui le traversent.

La montagne a 870 m. d'altitude mais ne s'élève que de 300 m. environ au-dessus des vallées voisines, et la partie du flanc où affleure la syénite, n'a guère que de 60 m. à 80 m. de hauteur. Au sud, le massif s'éteint par de petites arêtes dirigées de l'ouest à l'est puis passe sous les éléments détritiques de la plaine gneissique qui fait suite.

La roche est formée de gros éléments à tendance automorphe dont l'enchevêtrement lui donne l'aspect foyaïtique. Les espaces intersertaux sont mis à nu par l'altération qui, en faisant disparaître la néphéline et la sodalite, met en évidence la disposition enchevêtrée des feldspaths et laisse une roche spongieuse superficielle. La roche à l'état frais est blanchâtre avec quelques points noirs régulièrement disséminés dans sa pâte.

En section mince, elle montre une tendance à une structure porphyroïde, c'est-à-dire qu'entre de gros cristaux d'orthose automorphes ont cristallisé des cristaux plus fins d'albite à disposition intersertale ; dans les espaces qu'ils laissent se sont développées la néphéline et la sodalite, ou une amphibole brune du groupe de la katoforite. Des éléments noirs de première consolidation sont accompagnés de minuscules baguettes d'apatite. Ce sont des cristaux d'ægyrine et de la biotite en flocons ou en lamelles parfois très petites qui sont dispersées dans la roche mais peuvent être groupés en nids compacts.

L'orthose est partiellement épigénisée par de l'albite et damouritisée suivant ses fentes ; l'albite est disposée en baguettes à tendance automorphe plus fine formant comme un deuxième temps dans la pâte ; l'ægyrine est très polychroïque en vert bleuâtre et vert ; la biotite est très sombre et presque noire suivant n_g, brun rouge clair suivant n_p ; le kataforite est polychroïque en vert très foncé et en brun ; la néphéline est accompagnée de sodalite mise en évidence par la réaction du chlore que donne la roche.

Analyse :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	Cl	P.F.	Tot.
60,1	18,4	1,8	2,5	0,5	0,3	1,4	9,1	5,2	0,4	1,2	100,6

Classification : (I)II. 6(5). 1.4.

Enclaves. — Des enclaves riches en analcime se rencontrent dans les syénites sous forme de taches noires dont la couleur est due à la concentration en ces points des éléments colorés de la roche. Ce sont des enclaves *homœogènes plésiomorphes.* Leur grain est fin, très régulier et dans la pâte noire se détachent des sections arrondies et blanches d'analcime. Les éléments constituants sont les mêmes que précédemment : orthose sodique en grands cristaux albitisés, albite, néphéline et sodalite. L'anal-

cime est rassemblée en agrégats sphéroïdes englobant de fines aiguilles d'ægyrine. Les éléments noirs très différents d'aspect de ceux des syénites demandent une attention spéciale. La biotite par exemple est moins colorée, elle est disposée en plages irrégulières ou automorphes ; avec le sphène, c'est le premier minéral formé. Les deux minéraux se groupent, s'interpénètrent ou s'englobent. Le sphène est à peine teinté, le plus souvent incolore. Le pyroxène qui était tout d'abord incolore passe à sa périphérie à de l'augite verte, peu ou pas polychroïque. Ces pyroxènes ont une biréfringence voisine de 0,010.

L'amphibole existant dans ces enclaves est de l'espèce des katoforites. Sa couleur est dans les tons brun rougeâtre comme ceux de la hornblende basaltique. Des sections transversales possèdent la macle h^1. A sa périphérie le minéral passe à une hornblende verdâtre dont l'extinction lui est supérieure de quelques degrés.

2° — ROCHES FILONIENNES

A. — Tinguaite.

Un filon, d'aspect varié, traverse les syénites d'Abou-Khroug. Il est d'un grain fin et de couleur blanchâtre ou noire plus ou moins verdâtre. La partie la plus cristalline montre une structure *foyaïtique*. En devenant plus fine la roche prend un éclat gras très accentué, et sa pâte est tachetée par des flammes ou des rubans d'éléments noirs. Elle est constituée d'albite et d'un peu d'anorthose, de biotite, d'ægyrine, de katoforite, de néphéline et de sodalite.

La biotite est la variété brun rouge déjà mentionnée ; l'ægyrine, maclée suivant h^1, passe extérieurement à de l'augite ægyrinique ; la katoforite englobe pœcilitiquement ou ophitiquement les feldspaths ; la néphéline tend à être automorphe, et la sodalite est arrondie. L'anorthose est grenue, et l'albite en cristaux automorphes. La structure de la roche varie donc suivant la quantité relative de ses différents éléments notamment de l'albite.

Il s'en échappe de minces filonets donnant des tinguaites typiques et porphyriques, par leurs phénocristaux d'albite. On y voit de grandes plages pœcilitiques de katoforite semblables aux précédentes mais d'une grande

dispersion, donnant des teintes de polarisation violacées. On y remarque aussi de l'arfvedsonite. La pâte est grenue, avec de l'albite ayant tendance à s'allonger, des aiguilles d'ægyrine et des globules de néphéline.

B. — Microsyénites.

Roches uniquement connues au G. Hadarba. Voir leur description § 5 suivant, p. 219.

C. — Sölvsbergites.

Ces roches sont par contre très abondantes, en bosses dont la répartition s'étend jusqu'au voisinage de Coçéir. Elles sont généralement rougeâtres, de composition invariable, de grain fin, et possèdent l'éclat gras des roches sodiques. Le feldspath est de l'albite orientée ou non, mais toujours en cristaux aplatis suivant g^1 et allongés suivant l'axe vertical, maclés ou non suivant les lois de l'albite et de Carlsbad, développés parfois en phénocristaux rassemblés par groupes de trois ou quatre, et maclés suivant la loi de Carlsbad.

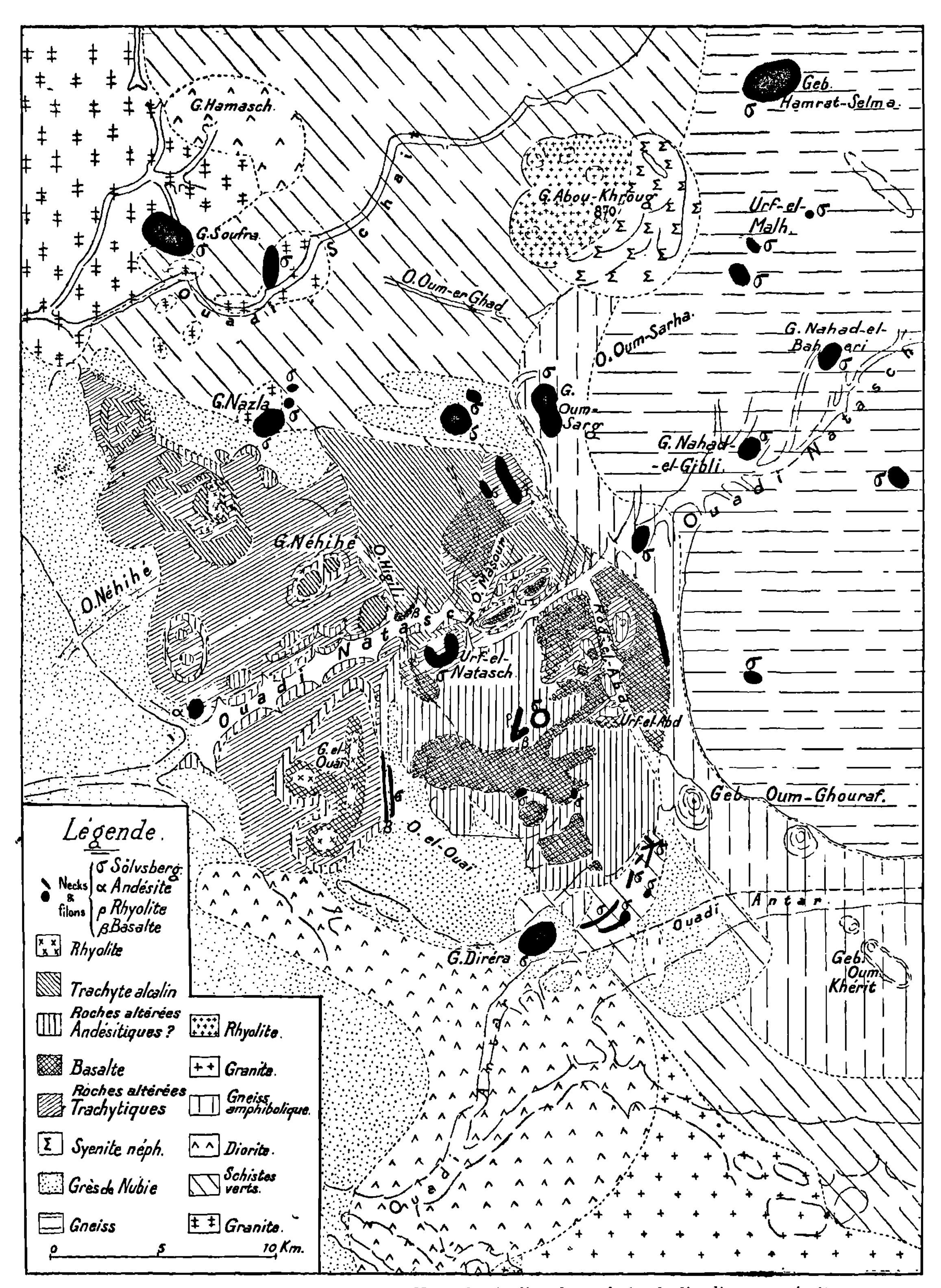
La pâte holocristalline est parsemée d'arfvedsonite remplissant ophitiquement les espaces laissés par les feldspaths, et accompagnée d'hématite, substituée à la sodalite, qui, dans les roches précédentes, est le dernier élément consolidé.

Les feldspathoïdes sont rares et le plus souvent altérés. Il y apparaît cependant de la néphéline en cristaux automorphes, tandis que l'arfvedsonite prend un contour pœcilitique. Ces deux minéraux qui sont les derniers consolidés sont rassemblés ; aussi la néphéline n'occupe-t-elle que les espaces intersertaux des feldspaths, en s'isolant.

Le quartz est une exception et apparaît postérieur aux autres minéraux constituants.

Certaines de ces roches contiennent de la katoforite, d'autres de menus cristaux intersertaux d'augite grise.

La bordure occidentale du G. Abou-Khroug bute contre les schistes ; au milieu de ceux-ci se trouve un gisement d'une roche grisâtre, puissant de cinquante mètres, et dont la section horizontale s'avance en dièdre dans les



Carte 5. — Région volcanique du O. Natasch. Au lieu de trachyte alcalin, lire : mugéarite.

schistes. Il est séparé des syénites par la vallée, aussi ne peut-on observer ses relations avec celles-là et savoir si c'est une apophyse du massif ou un neck indépendant.

Le grain de cette roche est fin, sa pâte grisâtre montre de larges taches plus sombres s'estompant dans les parties claires. C'est une brèche de friction à éléments anguleux séparés par un mince réseau d'ægyrine dont les principaux filonets s'anastomosent donnant une trame intermédiaire encore plus fine. Au microscope ils se montrent constitués uniquement par un mélange de quartz finement grenu et d'ægyrine. La pâte est formée presque entièrement d'albite ; on y voit quelques bâtonnets d'ægyrine et un peu de quartz provenant des filonets. Ceux-ci postérieurs à la consolidation de la roche indiquent une dernière venue de quartz et d'ægyrine.

Voici l'analyse de cette roche la seule qui parût suffisamment fraîche.

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	Cl	P.F.	Tot.
65,9	13,1	4,8	1,6	0,3	0,2	1,4	7,4	5,4	n. d.	0,5	100,6

Classification : II. (4)5. 1. ″4.

D. —Trachytes phonolitiques.

O. Natasch. — Un neck de cette roche se dresse dans le O. Natasch, au point où la vallée pénètre dans les grès de Nubie. Il traverse ceux-ci ainsi que les coulées de mugéarite qui s'étalent à sa base. Ses flancs sont recouverts de grès contenant des tufs gris violacés albitisés.

La roche est gris verdâtre à éclat gras. En section mince, on y voit des phénocristaux microscopiques d'augite ægyrinique allongés sans être automorphes, et des cristaux de fayalite. La pâte est formée de magnétite, d'orthose sodique en cristaux aplatis sur g^1 et allongés suivant h^1 g^1, de fayalite et criblée de paillettes d'augite ægyrinique. La néphéline a en partie disparu : il n'en reste que quelques plages colorées par un fin pigment ferrugineux, comme on en observe dans les microsyénites du G. Hadarba.

Urf-el-Antar. — Un autre trachyte non moins intéressant occupe le centre de cette crête circulaire cratériforme. Il se délite en grosse écailles épaisses de deux à trois centimètres, par des diaclases horizontales autour

desquelles l'altération de la roche lui fait une enveloppe claire, gris verdâtre, due à la disparition des produits ferrugineux. La roche est presque inaltérée au centre de ces écailles ; elle y apparaît de couleur gris fer avec un éclat gras, et semble d'un grain uniforme.

En section mince on la voit constituée par un grand nombre de phénocristaux parallèles d'anorthose, dont la disposition fluidale explique les nombreuses diaclases parallèles qui la délitent. Ce feldspath est maclé suivant les lois de Carlsbad et plus rarement de l'albite. Les cristaux sont tordus ou arqués sur g^1, et le plan de séparation des lamelles hémitropes reste imprécis. Leur taille est environ 1/4 de millimètre, ils sont accompagnés de bâtonnets d'augite grise et de nombreux flocons orangés d'une substance ferrugineuse amorphe montrant parfois la forme des cristaux de fayalite de la décomposition desquels ils proviennent. La pâte est très fine et possède les mêmes éléments.

Ces roches n'ont pas de néphéline. Leur composition chimique est la suivante :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P^2O^5	P.F.	Tot.
a)	58,75	18,27	1,95	4,85	0,41	0,42	2,90	6,10	4,20	0,16	1,80	99,96
b)	60,76	17,02	4,88	2,39	0,28	0,39	2,87	5,81	3,74	0,21	2,04	100,39

a) Trachyte du O. Natasch : I(II). 5. 2. ''4.
b) Trachyte d'Urf-el-Antar : I(II). ''5. 2. 4.

Le microscope ne montre aucune altération sensible des feldspaths ; d'ailleurs le dosage des alcalins dans la croûte blanc grisâtre du trachyte d'Urf-el-Antar donne les mêmes résultats que ci-dessus :

Na^2O : 6,1 — K^2O : 4,0

Il n'existe d'autres necks que ceux de rhyolite au nord-ouest de ce district volcanique, et quelques filons de basalte dont un au pied sud-ouest d'Urf-el-Abd, un autre au pied du G. Néhihé. Les roches sont les mêmes que celles des coulées dont la description suit (voir : gisements, p. 215).

3° — ROCHES EFFUSIVES.

A. — Rhyolite.

Les rhyolites sont variées de couleurs mais moins cependant que celles qui accompagnent les massifs granitiques anciens. Elles se ramènent à trois aspects : jaune, rose jaunâtre et gris. Les deux premières représentent un type à pâte extrêmement fine à résidus vitreux et leur cassure est conchoïdale.

Dans leur pâte brillent les clivages des petits phénocristaux d'orthose ; quelques points noirs indiquent la présence d'éléments ferromagnésiens, et des marbrures grisâtres marquent des différences de structure dans certaines parties de la roche.

La rhyolite grise est plus grenue que la précédente, sa pâte est régulièrement grise, il s'en détache des phénocristaux roses d'orthose et des éclats blancs d'albite. Elle mérite un examen attentif car, étant plus cristalline, elle facilitera l'étude des autres.

Les phénocristaux sont de l'orthose en partie albitisée et de l'albite maclée irrégulièrement suivant la loi du même nom et de façon que les individus qui forment la macle soient disposés en gradins. L'orthose présente des macles de Carlsbad avec pénétration intense des deux parties hémitropes du cristal à leur contact, et si profonde parfois que l'une arrive à envelopper l'autre en débordant à ses extrémités. La pâte microlitique montre des paillettes extrêmement ténues et arrondies de biotite noyées dans un agrégat d'orthose et de quartz à contours irréguliers.

Les types plus pâles ont leur pâte finement globulaire formée également de quartz et d'orthose ; cependant, ce minéral-ci a une tendance à cristalliser en baguettes maclées suivant la loi de Carlsbad. Ils ont la même composition que le précédent mais s'en distinguent surtout par les différences de structure que présente la pâte à différents endroits sous forme de taches arrondies. Les unes sont finement grenues et rappellent la structure *globulaire* appliquée au quartz des rhyolites par Michel-Lévy. D'autres dans la même préparation montrent une concentration de microlites feldspathiques qui en font localement un trachyte. Enfin des microlites d'orthose se montrent disposés en structure foyaïtique dans un cristal étendu de quartz. A ces places le

quartz abonde, d'ailleurs ; il est plus largement cristallisé et ses amas foyaïtiques se rejoignent donnant des groupements curieux au milieu de ces roches d'apparence uniforme.

Analyse :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P.F.	Tot.
70,8	12,9	3,1	0,2	0,45	0,2	1,2	5,85	3,75	1,55	100.00

Classification : **I'. 4. 1. "4.**

B. — Mugéarite.

Ces roches décrites par Harker [1] d'après des gisements écossais, appartiennent au groupe des *kohalaites* de Iddings [2]. Elles sont intermédiaires entre les trachytes et les andésites, ou peuvent être considérées comme des andésites calciques et potassiques [3]. Harker les décrit ainsi : roches à oligoclase avec plus ou moins d'orthose, peu de métasilicates, beaucoup d'apatite et ayant ou non de l'olivine.

Elles sont en grande abondance dans la région de Natasch où elles constituent la majeure partie des coulées, atteignant, verrons-nous, leur plus grand développement à la fin de la période volcanique, et dépassant parfois 18 mètres d'épaisseur.

Leur aspect est celui des roches de Skye, mais les gisements étant plus nombreux, les types en sont variés et arrivent à s'écarter notablement de celui de l'auteur. Leur couleur varie du blanc brunâtre au gris avec des variations de teinte brunâtres, verdâtres ou violacées; mais elles conservent toujours l'éclat lustré des phonolites que l'altération fait perdre en leur communiquant une patine de limonite. En ce dernier cas elles sont difficiles à distinguer des andésites ou des basaltes altérés, au cours des recherches ou des relevés effectués sur le terrain.

L'apatite, moins abondante que dans la roche type, se présente en bâtonnets aux extrémités arrondies, de section circulaire, et fortement imprégnée de pigment noir, cinériforme, dû à du rutile, ce qui rend le minéral légère-

1. *The Tertiary igneous Rocks of Skye : Mem. of the Geol. Survey of United Kingdom*, 1904, p. 264.
2. *Igneous rocks*, p. 193.
3. Ces roches, décrites tout d'abord sur des spécimens altérés, ont été confondues avec des trachytes alcalins. V. carte 5.

ment polychroïque en gris. La hornblende y est rare, et appartient à une variété de couleur brun orangé. L'augite grise à surface chagrinée se divise en petites plages d'une même extinction et distribuées dans les espaces intersertaux des feldspaths. En d'autres cas on ne voit que de l'augite verte disséminée dans la roche en flocons irréguliers ou en paillettes à tendance discoïde. Les feldspaths sont des microlites, aplatis suivant g^1, d'oligoclase-albite à 11 °/₀ d'An maclés suivant la loi de l'albite et le plus souvent albitisés. La magnétite est abondante et imprègne la pâte au point de former un ciment au feldspath. On rencontre de ces roches uniquement constituées par de l'oligoclase et de la magnétite.

La fayalite existe dans ces mugéarites; c'est à l'altération de ce minéral qu'il faut attribuer l'origine d'une substance ferrugineuse ayant l'aspect de la gœthite, amorphe, mais avec la forme extérieure du minéral primitif.

Analyse d'une mugéarite très peu altérée, contenant quelques flocons de chlorite :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P^2O^5	MnO	P.F.	Tot.
a)	56,90	18,37	3,27	4,64	0,64	1,06	3,64	6,11	3,74	0,38	0,14	1,81	100,60
b)	49,24	15,84	6,09	7,18	1,84	3,02	5,36	5,21	2,10	1,47	0,29	2,69	100,46
	Quantité négligeable de : Cr^2O^3, SrO, BaO. Fl. 0,18												

a) Mugéarite du O. Masour : **(I)II. 5. 2. 4.**

b) Mugéarite de Skye : **II. 5. 2. 4.**

C. — Roches altérées indéterminables [1].

On peut distinguer trois variétés courantes dans ces roches : l'une est probablement une labradorite albitisée, constituée par du labrador Ab_3An_4 en cristaux allongés suivant leur axe vertical, et maclés suivant la loi de l'albite. Elle contient un peu d'augite grise, et beaucoup de magnétite. L'autre est intermédiaire entre les andésites et les labradorites ; elle comprend des roches à labrador et oligoclase, ce feldspath ayant cristallisé le second. Ce type est holocristallin à gros grains. Des essais y ont décelé SO^3 et Cl. Il est très altéré.

Un autre type voisin de celui-ci est représenté par une roche grise à

1. Pour ne pas charger la carte 5, ces roches ont été confondues dans une même hachure, avec les roches altérées à faciès trachytique.

phénocristaux de labrador-andésine de composition comprise entre Ab_5An_3. La pâte possède de beaux cristaux de fayalite transformés en bowlingite, et un peu d'augite entourée d'une mince croûte de calcite. Les microlites sont des cristaux allongés de même composition que les phénocristaux et un autre feldspath voisin de l'andésine, d'une réfringence supérieure à celle du quartz, dont la roche contient quelques globules, et inférieure à celle des phénocristaux. Cette dernière roche est la seule qui contienne de l'apatite. D'autres ont dû contenir une quantité notable d'augite ou de hornblende car elles sont remplies d'amphibole actinolitique. L'altération de ces roches en rend l'analyse inutile.

D. — Basaltes.

Après les mugéarites et les andésites, les basaltes sont les roches les plus abondantes. Les gisements en sont nombreux et donnent des laves à peu près semblables, différant surtout dans le développement des phénocristaux. Ainsi certaines d'entre elles contiennent de gros phénocristaux d'olivine, tandis qu'ailleurs ce minéral n'est visible qu'au microscope.

Prenons comme type le basalte s'étendant au pied du G. el-Abd, dans la direction d'Urf-el-Natasch. Ses phénocristaux sont constitués par du labrador, de l'augite et de l'olivine, ceux-ci visibles à l'œil nu. Le labrador est toujours zoné ; du centre à la périphérie, il passe d'un feldspath à 42 °/₀ d'An. à un autre de composition Ab_1An_1. L'augite est bordée d'une zone d'aspect spongieux qui englobe de la magnétite, du rutile et du labrador. Ses cristaux sont maclés suivant h^1, colorés en brun clair, sans être polychroïques. L'olivine est altérée en antigorite, au moins partiellement.

La pâte, commune à toutes les roches de cette espèce, est formée de labrador à 50 °/₀ d'An de microlites d'augite, de cristaux, en plages irrégulières, d'olivine et de biotite. Des espaces vitreux, brunâtres, remplissent parfois les espaces laissés entre les feldspaths. Dans certains cas, l'olivine a disparu, ne laissant qu'une pâte fine essentiellement feldspathique et augitique (labradorite).

Tous ces basaltes sont magnétiques.

Dans une coulée voisine qui s'étend autour de Masour, ainsi que dans

une autre séparée de la première par une coulée trachytique, la roche contient des cristaux corrodés d'olivine et d'augite dans les cassures desquels s'est développée de la chlorite. Les cristaux refondus superficiellement sont arrondis et par corrosion se sont formées des cavités où ont cristallisé de menus microlites de labrador et d'augite.

La macle en sablier est fréquente dans les cristaux d'augite. L'altération de ce minéral lui donne la coloration brune de l'hématite tout en lui conservant sa transparence.

La pâte est la même que précédemment, mais plus riche en magnétite.

Analyses :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P^2O^5	P.F.	Tot.
a)	48,7	20,6	1,1	8,35	2,5	4,3	6,6	4,03	1,4	n.d.	1,8	99,65
b)	45,0	19,8	1,1	9,9	2,6	5,6	7,8	4,65	1,55	n.d.	1,6	99,75

a) Basalte du G. el-Abd : **II. 5. 3(4). 4.**
b) Basalte du O. Masour : **II. 6(5). (3)4. 4.** (Basanitoïde).

E. — Andésites et roches albitisées trachytoïdes.

Il n'existe que rarement des andésites inaltérées, aussi ai-je rattaché les roches grises à grands phénocristaux et à microlites d'oligoclase ou d'oligoclase-andésine aux mugéarites dont elles ont perdu l'aspect et auxquelles leurs phénocristaux, en modifiant la couleur de la pâte, donnent une physionomie trachytique. Ces dernières sont très abondantes dans le secteur nord-oriental, et constituent dans leur ensemble le gros des coulées précédant la venue des mugéarites proprement dites. Ce sont des roches, les unes de couleur gris clair, d'autres presque blanches, verdâtres ou violacées, rugueuses au toucher. Dans la pâte se détachent de gros phénocristaux, irrégulièrement répartis, et dont la taille, variable d'une coulée à l'autre, atteint 2 à 3 centimètres. Leur composition varie également de l'oligoclase à l'andésine. Ils sont plus ou moins transformés en albite, aussi, lorsque la pâte est elle-même altérée, devient-il difficile de déterminer ces roches avec précision, et savoir si elles proviennent d'un magma andésitique et même labradorique. La pâte est généralement intimement albitisée ; quelques spécimens montrent des microlites d'oligoclase ou des résidus d'un feldspath un peu plus réfrin-

gent que l'albite et intermédiaire entre ce feldspath et l'oligoclase ; l'un d'eux contient un fragment d'anorthite. La calcite résultant de l'albitisation imprègne naturellement la roche ; quant aux éléments noirs, ils ont disparu, transformés eux-mêmes en limonite, sidérite et en produits ferrugineux amorphes dispersés dans la pâte avec de la calcite. Il devrait y avoir de la silice libre, mais ce minéral n'apparaît que dans les roches scoriacées au centre de vacuoles tapissées de calcite.

Voici les analyses de deux roches altérées [1] ; l'une a), rougeâtre, est uniquement constituée de microlites feldspathiques albitisés, et criblée de flocons d'hématite, l'autre b) a pris l'aspect blanc-brunâtre des bostonites. Elle est essentiellement formée d'albite entourant un résidu feldspathique de forme microlitique et potassique, comme le montrent les résultats analytiques. La calcite et la sidérite sont rassemblées en amas irréguliers noirâtres, dans la pâte. La roche en a été débarrassée par lavage à l'acide chlorhydrique étendu, ce qui explique la teneur anormale en TiO^2.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	P.F.	Tot.
a)	59,8	15,55	8,7	1,05	1,05	1,3	2,0	4,55	4,4	2,2	100,6
b)	64,8	19,2	0,2	»	1,5	0,2	0,5	5,95	7,25	0,5	100,2

§ 4. — Gisements.

Il ne reste, des appareils extérieurs des volcans qui ont donné ces roches, que des lambeaux de coulées superposés ou voisins, les uns allongés régulièrement, d'autres au contraire remplissant les espaces laissés inoccupés par les précédents. Les coulées peuvent être de grande étendue, de l'ordre de grandeur de 8 à 10 kilomètres. Elles sont horizontales ou à peine inclinées, indiquant par cela que depuis l'époque de leur épanchement les mouvements du sol n'ont pas été sensibles dans la région qu'elles recouvrent. Les basaltes, au sud, montrent à la superficie des plateaux qu'ils constituent, des *cheires* de petite étendue. Le plus généralement, ces coulées occupent de petites plaines et, par place, sont superposées en série donnant des buttes d'apparence stratifiée.

1. La dernière de ces deux analyses a été publiée, mais, par erreur, les alcalins ont été intervertis.

Les filons des roches en coulées étant rares autour du O. Natasch, j'ai donc des raisons de croire que le centre d'épanchement se trouve dans une autre région et ailleurs que sur l'emplacement actuel des gneiss qui s'étendent à l'est, vraisemblablement dans la partie que recouvrent les grès. La plaine gneissique du O. Schaït ne montre pas la moindre trace de filons de ces roches mais uniquement des cheminées de sölvsbergite. Il apparaît une cheminée basaltique mais de petite dimension à l'est d'Urf-el-Ouaï, accolée à une autre, large de 20 mètres, flanquée de deux necks microgranitique et rhyolitique. Au nord-est de Masour, trois bosses de 30 mètres de diamètre sont accolées : l'une trachytique, l'autre de mugéarite verdâtre, la

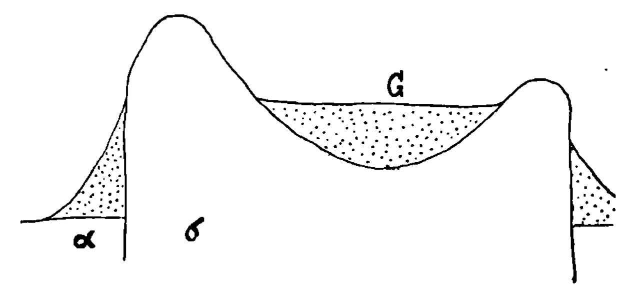


Fig. 42. — Urf-el-Ouaï : section en forme de cratère d'un *neck* de sölvsbergite, σ, s'élevant au milieu d'andésites et recouvert de grès de Nubie G.

troisième basaltique. Un basalte se présente en dyke au pied du G. Néhihè. Une cheminée de trachyte phonolitique vert émerge des grès nubiens à l'entrée du O. Natasch, dans le plateau gréseux; elle est flanquée de tufs andésitiques très gréseux et contenant, en abondance, des débris de végétaux fossiles (fig. 16).

Les cheminées de rhyolites sont surtout localisées au nord du G. Nazla; elles y sont nombreuses, de dimensions étendues formant autant de petits dômes ou bosses de couleur pâle, dispersés et très apparents au milieu des schistes sombres de cette région; ils témoignent par leur nombre d'une importance plus grande que ne le laissent supposer les quelques lambeaux de coulées qui couronnent le G. Ouaï. Les cheminées de microsyénites et de sölvsbergites sont, par contre, très répandues et se trouvent jusqu'à des distances considérables de ce foyer volcanique. Dans cette région-ci, elles se groupent autour du massif de syénite à sodalite du G. Abou-Khroug.

Elles affectent près du G. Diréra la forme de filons épais généralement arqués, et ailleurs, celle de necks elliptiques ou encore de dômes à sections circulaires. Leur puissance varie de quelques décimètres d'épaisseur à deux kilomètres de diamètre, ce qui témoigne de l'importance que dut avoir la répartition de cés roches. Leur forme est si caractéristique, qu'elle est définie par la toponymie locale : les cheminées à sections circulaires portent le nom de *nehoud*, seins (plur. de *nahad*) parce qu'ils ont le profil de dômes. S'ils sont allongés ce sont des *nazla* ou aiguilles (déformation de *msalla*, obélisque). Il arrive très souvent que le profil de ces appareils soit irrégulier, donnant dans les G. Hadarba et G. Soufra, par exemple, des dômes élevés s'abaissant à une extrémité en une croupe qui leur donne la forme

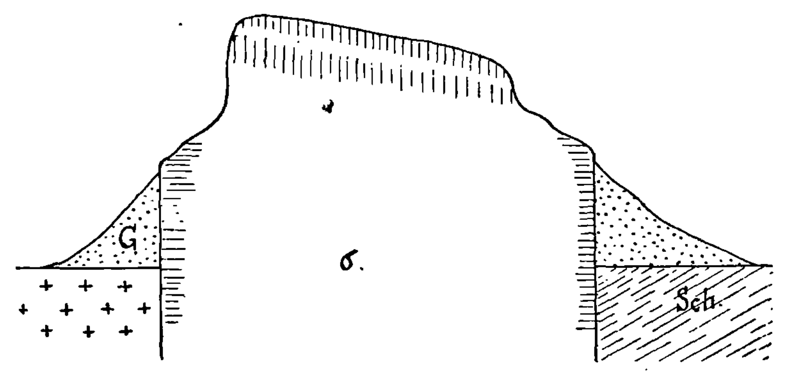


Fig. 43. — Gebel Diréra : neck de sölvsbergite s'élevant à la jonction des schistes verts et du granite. Les flancs sont recouverts de grès de Nubie. De fines diaclases donnent l'aspect de coulées prismatiques.

d'une selle d'âne, aussi le plus caractéristique d'entre eux porte-t-il le nom de *G. Abou-Sarg*, qui signifie selle. Les dômes bien arrondis portent également le nom de *nasb*. Les filons sont des *urfs* ou crêtes. Parfois aussi, le nom est emprunté à la nature de la pierre comme par exemple *G. Nahass* ou montagne du cuivre, à cause de la nature phonolitique de ces roches qui émettent un son métallique sous le choc ; ailleurs, la couleur sera prise comme caractère : *G. Hamrat-Selma* c'est-à-dire montagne rouge de Selma (nom propre).

Les gisements sont en effet caractéristiques ; les éboulis, la couleur de la roche, la forme des appareils, sont autant d'indices permettant d'en soupçonner de très loin la présence. Ils sont répandus du O. Antar au parallèle de Coçéir, c'est-à-dire sur plus de 460 kilomètres du nord au sud.

G. Direra. — Le plus éloigné est le G. Direra, dont la forme est celle d'un petit plateau aux bords escarpés vers le sud, mais s'abaissant doucement dans la direction opposée. Il a 150 mètres de section ; l'allure de ses diaclases verticales simule une série de trois coulées superposées mais sa périphérie constituée par une roche à grain plus fin que celle du centre indique les salbandes d'une cheminée verticale. Il donne un certain nombre de cheminées adventives qui s'allongent à l'est en gros filons arqués (voir carte 5, p. 207.)

Urf-el-Ouaï. — Dans la plaine d'Oum-el-Ouaï surgit une cheminée arasée de petit diamètre. Elle a la forme d'un cratère égueulé; ses salbandes ayant offert plus de résistance à l'érosion que le centre, elles affectent une forme circulaire, sont ouvertes seulement vers le sud, laissant passer une petite vallée qui draine la partie centrale et la creuse en une cuvette d'une dizaine de mètres de profondeur protégée, au fond, par un dépôt de grès nubien qui a recouvert cet appareil, montrant ainsi que l'érosion est antérieure à la formation des grès.

Urf-el-Natasch. — Le même cas se présente dans Urf-el-Natasch, mais la crête est ici élevée de 100 mètres au-dessus du O. Natasch. Nous sommes en présence d'un cratère égueulé vers le nord et la brèche qui s'est faite dans ses flancs a donné passage à la mugéarite de Masour.

Sa section est d'environ 300 mètres ; son importance justifie celle de la coulée qui s'en échappe et s'étend vers Masour jusqu'à 10 kilomètres au nord, le long du O. Higilig.

Le dôme du G. Nazla s'élève au milieu des collines schisteuses qui s'étendent au nord; au delà, apparaissent les immenses croupes des deux G. Soufra. L'une d'elles a 690 m. d'altitude et représente une cheminée elliptique de 3 kilomètres de long et 1 kilomètre de large, s'allongeant dans la direction N. 80° O. L'autre Soufra est à l'est du précédent; sa forme est la même, mais ses dimensions sont réduites à 1 km. 1/2 en longueur ; sa direction est N. 10° E.

La chaîne des collines du G. Oum-Ghouraf est percée d'un dôme qui s'élève exactement sur le flanc sud du O. Natasch. Une croupe semblable

à celle du Soufra donne le G. Abou-Sarg (ou encore Oum-Sarg). Deux dômes jumeaux s'élevant à 4 kilomètres de celui-ci se nomment G. Rahal et sont situés à 1 kilomètre l'un de l'autre dans la direction 20° E.

Le long du O. Natasch, s'élèvent les dômes isolés des Nehoud qui contrastent par leur altitude de 600 m. — soit environ 120 m. au-dessus de la plaine — avec les petites ondulations de celle-ci. Au sud, s'allongent les petites crêtes ou *Urfs* dont je n'ai relevé que deux d'entre elles. Au nord du Natasch, un gros dôme d'un kilomètre de section s'élève entre le Nahad du nord, et le G. Abou-Khroug. Il est flanqué de deux autres crêtes également microsyénitiques appelées Urf-el-Malh. A moitié chemin du O. Schaït, se dresse le gros dôme d'Hamrat-Selma qui égale en importance le Soufra occidental et constitue la seule élévation importante de cette région aplanie. D'autres filons de ces mêmes roches se retrouvent au milieu des schistes qui forment les collines de Rod-el-Lougah. Des filons semblables se retrouvent à Barramia à deux heures de la mine sur la route du O. Beza. Ils donnent une coulée dont on retrouve des lambeaux jusqu'au voisinage des habitations de la mine ; enfin, on retrouve, dans le G. Hadarba, une grosse croupe accompagnée d'un dôme qui s'élève au sud-ouest, puis le plus septentrional de ces gisements forme le G. Nahass découvert par Lefèbvre, non loin de Coçéir. Celui-ci semble marquer la limite de ces roches, car au nord de la route qui conduit à ce port, je n'ai jamais trouvé trace de microsyénite, de trachyte phonolitique, ni de mugéarite.

En terminant l'énumération de ces gisements, j'attire l'attention sur leur disposition jumelée, par exemple : les deux Nehoud, les deux Soufra, les deux Rahal etc., qui est très fréquente dans les collines de la mer Rouge, et la forme en selle de certains d'entre eux serait due, à mon avis, à l'accolement de ces cheminées jumelles.

§ 5. — Variations de structure dans une roche d'un même gisement.

Je prendrai le gisement de Hadarba comme type, parce qu'il est maintenant connu, et en même temps le plus intéressant. Il est situé à l'est de Keft, dans l'O. Zéidoun. Il fut découvert vers 1831 par l'explorateur Lefèbvre

qui le place à 26 heures de l'oasis de Lageita c'est-à-dire à 34 heures de Keft. La roche de ces gisements a été examinée par Arsandaux[1] sur un spécimen recueilli par le voyageur et conservé au Muséum d'Histoire naturelle de Paris. M. Hume a retrouvé le gisement, et m'en a signalé la situation précise. Il est très intéressant non seulement par les roches qu'il contient, mais aussi en ce qu'il montre des variations notables dans la même bosse, sans qu'il soit possible d'établir entre elles des relations de position. La montagne s'élève d'environ 250 m. au-dessus de la vallée du même nom, et se dirige N. 30° O., au milieu des serpentines et des schistes ; elle a la forme d'une croupe qui s'abaisse par un bombement moins élevé vers le sud, donnant cette forme de selle que j'ai déjà signalée et qui est si fréquente parmi ces gisements. Au nord, elle s'abaisse brusquement sur un petit col, au sud, passe sous les sables de la vallée. Sa section transversale est celle d'un dôme, c'est d'ailleurs la section de tous les gisements semblables qui émergent généralement des montagnes qui les entourent par suite de la résistance plus grande qu'ils offrent à l'érosion, résistance accrue encore par la protection que leur font les éboulis grossiers qui s'étalent sur leurs flancs. L'altération superficielle de ces roches leur donne une couleur rouge ferrugineuse très spéciale, ce qui, joint au profil de leur gisement et à la forme anguleuse de leurs éboulis grossiers, constitue autant de caractères qui en trahissent la présence et en rendent les gisements visibles à une grande distance.

En section horizontale, le G. Hadarba est un neck très allongé, arrondi au nord, bifurquant au sud en deux appendices de moindre importance, qui prennent l'allure de deux gros filons se perdant dans le sable de la vallée (fig. 44). En s'élevant, il a divisé en deux parties un petit massif dioritique ancien dont on retrouve les traces de chaque côté du neck qui en contient d'ailleurs une enclave énorme.

Prenons le massif par sa bordure septentrionale. En s'élevant vers le sommet on trouve d'abord une roche d'un gris verdâtre à éclat gras sur laquelle se détachent des phénocristaux de quelques millimètres, blancs, irréguliers, formés par de l'albite ; elle se poursuit sur trente mètres, mais irrégulière-

1. Arsandaux, *Contribution à l'étude des roches alcalines de l'Est-africain*, p. 59, Paris, 1906.

ment. En approchant du sommet, la pâte devient gris rose, prend un éclat gras très accentué, et les taches amphiboliques, visibles à la loupe dans la précédente, deviennent ici larges d'un millimètre. Elles sont rondes, régulièrement réparties et s'estompent sur leurs bords ; ailleurs, elles tendent

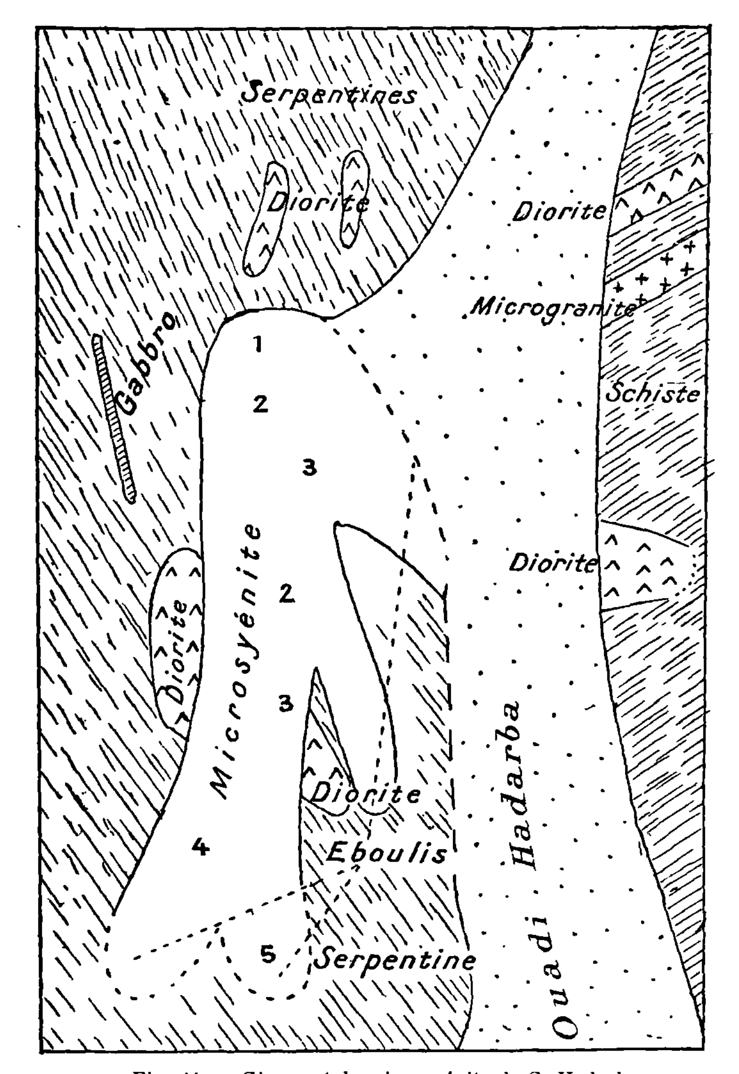


Fig. 44. — Gisement de microsyénite du G. Hadarba.

plutôt à s'allonger et se présentent, sur des surfaces assez étendus, en cristaux d'un centimètre. Ces éléments noirs peuvent se rassembler en un point et la roche devient, sur un court espace, mélanocrate ; ils se disposent en filons radiés, qui s'étalent en éventail ou courent parallèlement. La réparti-

tion de ces éléments noirs peut se faire aussi suivant de larges flammes dans la roche. Inversement, les éléments blancs sont plus denses en certains endroits, ou s'allongent en traînées de couleur pâle ; ils forment des petites ségrégations irrégulières ou des filons renfermant en leur centre de la néphéline bleuâtre. Sur toute la longueur de la crête apparaîtront les types grenus précédents, plus ou moins régulièrement tachetés par les éléments noirs. Au sud, la couleur devient plus homogène ; en un seul endroit, sur un espace d'une dizaine de mètres, se présente une roche rosée contenant de longues baguettes d'amphibole. Au contact des schistes apparaît une roche uniformément grise dans laquelle on ne décèle à la loupe que des petites taches blanches, estompées, de feldspath, et un enchevêtrement de cristaux verdâtres d'amphibole, sans contours bien définis. Au delà, dans la partie bifide du neck, la roche devient noire ou rougeâtre, conserve son éclat gras, mais ressemble plutôt, par son aspect extérieur, à celle des Nehoud, c'est-à-dire à un type d'apparence grenue.

Il est impossible de décrire un type caractérisant le gisement car le microscope montre aussi des aspects et une structure variables de la roche selon les endroits où on la recueille ; ces variations correspondent à des taches irrégulières atteignant une étendue de 8 à 10 mètres. Je ne considère d'ailleurs que celles de cette importance et négligerai les petites ségrégations formant les enclaves homéogènes ou pneumatogènes que l'on observe dans beaucoup de gisements, et ne montrant pas, d'une manière aussi nette, les variations qui peuvent se produire dans la cristallisation d'un même magma.

Description des variétés de microsyénite. — La roche la plus largement représentée, celle du sommet et du centre, est une microsyénite à grain fin au milieu de laquelle se détachent des phénocristaux de néphéline à forme extérieure très nette *p*, *m*, donnant par conséquent des sections rectangulaires ou hexagonales suivant qu'elles se produisent en long ou en travers des cristaux, d'autres d'orthose maclés suivant la loi de Carlsbad ou disposés encore en cristaux allongés à bords réguliers. Ils sont accompagnés d'augite-ægyrinique ou d'arfvedsonite, selon les endroits d'où provient le spécimen étudié. L'arfvedsonite est en grande plages pœcilitiques,

à contours irréguliers, englobant les minéraux précédents ; le minéral est parfois hétérogène, le centre étant occupé par un cristal s'éteignant à 20°.

La pâte est formée de microlites allongés d'albite disposés par groupes, en faisceaux ou palmés, l'arfvedsonite remplit les espaces intersertaux lorsqu'ils s'enchevêtrent ou alors se dispose en menus grains sur le pourtour des minéraux précédents ; ce type devient fluidal au nord, les feldspaths y sont disposés à peu près parallèlement, et tendent à devenir automorphes.

Ailleurs, la roche est entièrement grenue ; l'albite et la néphéline se sont mutuellement contrariées pendant leur cristallisation ; la roche a pris la structure granitoïde ; les éléments noirs y ont été décomposés en épidote laissant un squelette ferrugineux du minéral dont l'existence est rappelée par un pigment ou de fines aiguilles de limonite qui en conservent la forme ou se dispersent dans la roche masquant en partie la néphéline.

Voici donc trois types distincts en ne considérant que la forme des éléments : microgrenu avec phénocristaux automorphes de feldspath et de néphéline, microlitique avec feldspaths enchevêtrés, enfin phonolitique, avec feldspaths disposés fluidalement.

La forme des éléments colorés change aussi : tantôt l'arfvedsonite est disposée en larges et longues plages pœcilitiques à tendance automorphe, maclées suivant h^1 tantôt en plages arrondies ; elle englobe les éléments de la roche en remplissant les espaces qu'ils laissent entre eux ; affecte aussi la forme de longues baguettes pœcilitiques à contours rarement réguliers, ou apparaît aussi en cristaux globuleux.

L'altération de ces roches est généralement accentuée, elle se manifeste surtout par l'apparition de mésotype, qui épigénise plus ou moins la néphéline, disposé en agrégats de cristaux à extinctions variées ou représenté par un unique cristal qui conserve la forme extérieure du minéral primitif.

De grands espaces de la roche sont occupés par du mésotype, celui-ci se disperse aussi dans les phénocristaux de feldspath, mais ne s'oriente pas forcément sur l'ancien minéral. Un pigment extrêmement fin de limonite le colore souvent, et se répand également dans la néphéline ; de sorte qu'en lumière naturelle, la coloration qu'il donne à ces éléments permet de distinguer facilement la part qui revient au feldspath dans la constitution de la roche. Il faut attribuer à l'altération de ces roches l'arfvedsonite qui s'y présente en cristaux jaunâtres.

Analyses: Prenons des types très différents, par exemple, celui du centre très grenu a) et celui du nord à tendance phonolitique b); l'analyse et le calcul les montrent semblables ; l'altération légère du type grenu ne détermine aucune différence appréciable si ce n'est dans les pourcentages de la chaux et du fer.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	Cl.	P. F.	Tot.
a)	56,5	18,5	4,4	0,7	»	0,2	0,9	10,2	4,6	0,4	3,5	99,9
b)	57,5	17,8	4,7	1,6	»	0,2	1,3	9,0	4,5	0,4	3,0	99,8

Classification : a) (I)II. 6. 1.4.
b) I(II). 6(5). 1.4.

§ 6. — Succession des roches effusives.

Les deux plateaux du G. el-Ouaï et du G. el-Abd dominant la plaine de 60 à 70 mètres environ sont les seuls endroits où le nombre des coulées superposées et la variété de leurs roches permette de dresser une succession — la plus complète qu'il soit possible de relever — à laquelle pourront être rapportées les coulées voisines. Sans ces deux accidents il serait impossible de donner la superposition des différentes roches recouvrant cette région.

L'examen attentif du terrain montre que les coulées du nord se sont déversées sur un sol irrégulier entamé par l'érosion ; elles ont été endiguées par une large vallée déjà formée et ont rempli les espaces laissés par des coulées antérieures. Il est à remarquer aussi que les produits de projection ont disparu ; il n'en reste que de rares témoins dans les tufs situés au pied d'Urf-el-Natasch et du O. Natasch, ou des couches de tuf protégées par les coulées du Néhihé. Ceci confirmerait l'hypothèse d'une érosion intense au cours des éruptions. A noter que ces tufs sont sableux et par conséquent contemporains du dépôt des *grès de Nubie* voisins.

G. el-Abd. — Le sommet de cette montagne est couronné d'une coulée étroite et sinueuse, aussi, de loin, paraît-il être une crête, alors que du pied, la montagne apparaît comme un plateau tabulaire. Elle est divisée en deux parties par le O. el-Abd ; ses flancs profondément entaillés par une petite vallée secondaire permettent de dresser une succession complète des coulées qui la constituent et lui donnent l'aspect stratifié.

1. *Base :* Le fond de cette petite vallée est creusé dans une roche qui fut peut-être une *andésite.* Elle est très albitisée ; la pâte est formée d'albite, d'augite, de bowlingite et de chlorite.

2. *Labradorite* à grain fin, albitisée, et contenant de l'augite et de la biotite altérées. Rares phénocristaux d'augite.

3. *Basalte* à grain fin et homogène. Le microscope y révèle des phénocristaux de labrador à 50 °/₀ d'An. très zoné, le centre étant à 42 °/₀ d'An., d'autres d'augite et d'olivine. La pâte est de même composition, mais avec un résidu vitreux.

4. *Andésite* (mugéarite ?) grise, violacée, à grands phénocristaux d'oligoclase épigénisés par de la calcite. La pâte altérée est albitisée et imprégnée d'un pigment ferrugineux d'hématite et de limonite.

5. *Basalte.* Semblable au précédent mais les phénocristaux sont profondément corrodés et entourés de microlites disposés fluidalement contre leurs parois.

6. *Andésite* (mugéarite ?). Phénocristaux d'oligoclase à 11 °/₀ d'An., et d'amphibole altérée dont il ne reste qu'un squelette ferrugineux. Roche grise très albitisée et criblée de flocons d'hématite et de limonite. Comme précédemment, les microlites sont entièrement altérés et transformés en albite.

7. *Mugéarite* de couleur grise.

8. *Andésite* d'aspect rougeâtre essentiellement formée de microlites et de phénocristaux d'andésine, et de granulations d'hématite et de limonite.

9. Même roche sans phénocristaux et contenant de grosses enclaves de la mugéarite précédente.

10. *Andésite* (mugéarite ?) trachytoïde très altérée.

11. *Basalte* en débris témoignant de l'existence d'une coulée disparue.

G. Oum-el-Ouaï. — Même forme que la précédente montagne. Son altitude est un peu supérieure, mais elle domine la vallée de 30 mètres seulement. Elle est divisée en deux cirques s'ouvrant vers l'ouest. La succession des coulées est différente de la précédente.

1. *Basalte.* Cette roche affleure à la base et se continue en profondeur. Elle est traversée d'un filon de sölvsbergite.

2. *Andésite* ? d'un gris violacé, semblable aux précédentes, mais avec de gros phénocristaux albitisés d'andésine.

3. *Andésite* (mugéarite?). Même roche.

4. *Andésite* (mugéarite?). Même roche mais contenant des nodules de calcite.

5. *Basalte.* Semblable aux précédents avec de gros phénocristaux de labrador et d'olivine.

6. *Rhyolite* en lambeaux couronnant les différentes croupes de la montagne. Il y a probablement plusieurs coulées superposées de cette roche.

Cette série correspond aux coulées comprises entre les n°s 5 et 11 de la précédente. Les monticules avoisinants ne donnent pas de série aussi importante, mais dans la plupart d'entre eux, il est aisé de retrouver l'une des coulées décrites et de juger par conséquent de la place à donner aux roches, dans la série établie.

Ouadi el-Ouaï. — Montre la succession suivante, de la base au sommet des flancs de cette large vallée, aux endroits où le lit les entame :

Sommet. 3. Andésite (mugéarite?) avec des amygdales de calcite.
2. Labradorite faisant suite à celle du G. eb-Abd.
1. Labradorite très altérée.

Flancs du O. Natasch. — Sur une hauteur de 35 mètres on relève la succession suivante :

Sommet. 6. Mugéarite.
5. Andésite (mugéarite?) compacte.
4. Mugéarite.
3. Andésite (mugéarite?) compacte.
2. Andésite (mugéarite?) violacée.
1. Labradorite.

La cheminée de trachyte à fayalite est à proximité de cet endroit. Vers l'est et le nord, se développent les andésites intercalées de tufs bréchoïdes réapparaissant sur les flancs d'Urf-el-Natasch, et surmontées de mugéarites. Les deux coulées de la base sont traversées par un dôme de mugéarite représentant la section d'un neck oblique, qui affleure ici sur une vingtaine de mètres, mais s'élargit en profondeur. C'est vraisemblablement la cheminée de la coulée supérieure.

Urf-el-Natasch. — Près de cette crête et sur le flanc sud du O. Natasch commencent à se développer les mugéarites ; on a en cet endroit :

Sommet. 3. Basalte.
2. Mugéarite scoriacée.
1. Mugéarite rougeâtre très altérée.

Au nord se développent les mugéarites qui encadrent la région de Masour.

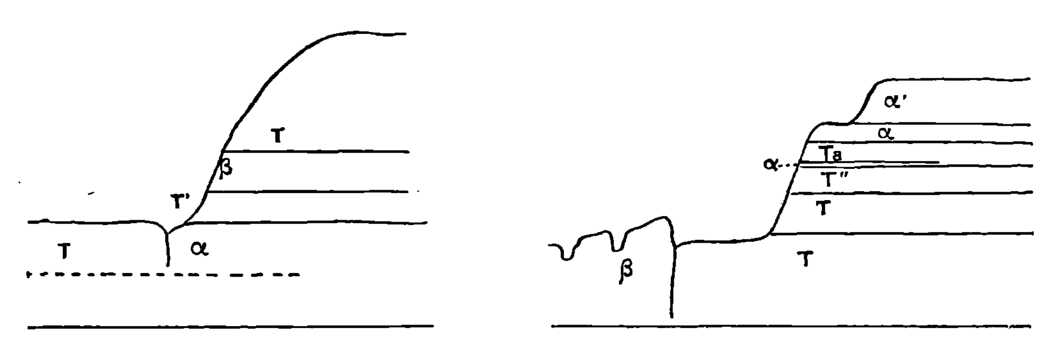


Fig. 45. — Gebel Néhihè et collines avoisinantes. T, andésites (mugéarites ?) trachytoïdes; t, tuf andésitique; Ta, mugéarite; T', andésite mugéarite ?) altérée à petits phénocristaux d'oligoclase; T", andésite (mugéarite ?) trachytoïde violacée; α, andésite (mugéarite ? albitisée) à pâte fine ; β, basalte.

O. Masour. — La mugéarite verte constitue une épaisse coulée taillée par la vallée de ce nom. Elle affleure suivant une épaisseur variable et pouvant atteindre 15 à 18 mètres. Elle est recouverte à l'est par les basaltes et au sud, dans le O. Natasch, surmonte une coulée de cette roche. On peut donc établir la succession suivante :

Sommet. 4. Basalte.
3. Mugéarite verte.
2. Mugéarite altérée.
1. Basalte.

Au large de cette région, au basalte de base se substitue une coulée d'andésite (fig. 46).

G. Néhihè. — Les successions de coulées varient rapidement d'un endroit à l'autre. Une colline sans nom, émergeant de 60 mètres, donne la succession suivante :

Sommet. 10. Rhyolite.
9. Mugéarite altérée, blanche et quartzifère.
8. Mugéarite violacée.
7. Mugéarite verte.
6. Andésite (mugéarite ?) trachytoïde violacée.
5. Andésite id. id.
4. Andésite id. id.
3. Basalte à grain fin.
2. Andésite (mugéarite ?) violacée.
1. Labradorite.

Plus au nord, dans la direction du G. Hamasch, une petite colline de 25 mètres de haut montre :

Sommet. 5. Rhyolite.
4. Andésite (mugéarite ?) violacée.
3. Mugéarite verte.
2. Andésite (mugéarite ?) violacée.
1. Mugéarite altérée.

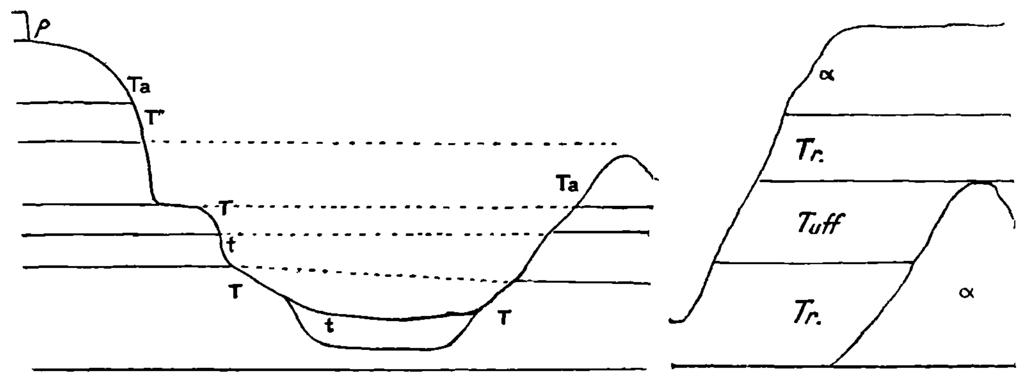


Fig. 45 *bis.* — Voisinage du G. Néhihè ; cf. fig. 45 : Tr. roches altérées d'aspect trachytique ; ρ, rhyolite.

Il y a une dénivellation de 40 mètres entre les collines voisines de Masour et les coulées de mugéarites de cette dernière région. Aucune relation ne peut être établie entre elles et les coulées antérieures aux rhyolites de Néhihè. Les mugéarites de Masour se heurtent à l'est à la coulée de basalte qu'elles recouvrent dans le O. Natasch, près d'Urf-el-Natasch ; et qui est la continuation de celle déjà mentionnée à la base du G. el-Abd. A l'ouest, la mugéarite de Masour est limitée par les andésites trachytoïdes ; aussi doit-on la considérer comme une coulée postérieure à tout cet ensemble, étalée

dans un fond de vallée produit par une érosion intense des coulées antérieures. Les rhyolites couronnant le Néhihè marquent donc la fin d'une première série d'éruptions caractérisée par l'apparition de ces roches et des mugéarites proprement dites ; une période de calme fait suite et ces dernières roches réapparaissent avant qu'un nouvel épanchement mugéaritique basaltique termine la série des éruptions de cette région.

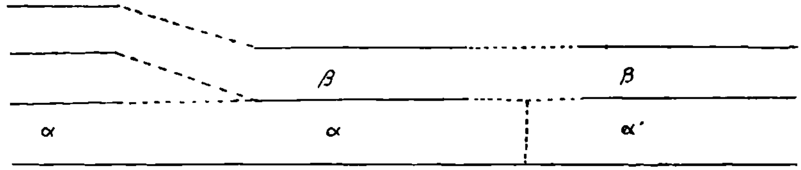


Fig. 46. — Disposition des coulées dans le voisinage du O. Masour. Mugéarite coincée entre le basalte et une andésite altérée.

Voici en résumé d'après les données précédentes les âges relatifs des différentes coulées mentionnées :

G. Néhihè	*G. Abd.*	*Masour.*	*G. Ouaï.*
—	—	Basalte.	—
—	—	Mugéarites vertes.	—

Période d'érosion.

Rhyolites	—	—	Rhyolites
Mugéarites	—	—	—
—	Basalte	—	Basalte
Andésites ?	Andésites	—	Andésites ?
—	Mugéarite	—	—
—	Andésite ?	—	
Basalte	Basalte.........	Basalte.........	Basalte
—	Mugéarite ?	—	—
Andésite	Basalte	—	—
Labradorite	Labradorite	—	—

§ 7. — Étendue et répartition des coulées.

Il résulte de ce qui précède, comme le montre la carte 5, que l'on peut diviser la région en plusieurs secteurs suivant l'importance qu'y acquièrent les différentes roches précédentes : au sud, reposant sur le granite, ou les

schistes verts, s'étendent les labradorites de la base ; puis viennent de puissantes coulées andésitiques au nord du O. Antar, elles prennent leur développement maximum au N.-O. près du G. Néhihè ; les andésites à grain fin sont localisées entre cette montagne et le O. Ouaï. Les mugéarites recouvrant cette même région sont limitées au O. Natasch et leurs plus belles coulées avoisinent le O. Masour. Enfin la partie orientale de ce district est celle où s'étendent les basaltes couronnant la série du G. Abd et où affleurent ceux de la base dont le développement dépasse les limites de cette colline.

Les roches dominantes sont les laves grises à faciès trachytique et les mugéarites dont les épaisseurs totalisées atteignent environ 60 mètres. Les basaltes ne représentent guère que 35 mètres ; c'est-à-dire l'épaisseur des trois coulées auxquelles peuvent se ramener les différents lambeaux de cette roche. Enfin les rhyolites dont le Néhihè représente le plus grand développement se présentent sur 10 mètres de front. Il est à remarquer que ce peu d'étendue verticale est incompatible avec l'importance des deux necks de cette roche que l'on trouve sur la route de Hamasch, dont je n'ai pu repérer la situation précise, et dont le diamètre atteint 40 mètres.

La seule coulée que j'aie trouvée en dehors de ce district est celle d'une mugéarite brunâtre qui s'étend à l'est des mines de Barramia et dont l'épaisseur est de 7 mètres environ.

CHAPITRE VIII

SEPTIÈME SÉRIE ÉRUPTIVE.
BASALTES MÉDITERRANÉENS.

Tous les basaltes miocènes se ressemblent ou présentent de faibles différences portant plutôt sur la structure que sur leur composition. Prenons comme type la roche du O. Khéchén. Je rappelle que cette vallée débouche dans le O. Gindali, une journée de marche à l'est du Caire. Sa direction est déterminée par un filon de basalte augitique qui traverse les calcaires lutéciens et apparaît à plusieurs endroits au milieu des grès rouges ferrugineux qui les recouvrent (fig. 18), ou au delà de cette vallée, sur la rive droite du O. Gindali. C'est d'ailleurs ici qu'il est le mieux conservé étant dans les autres gisements profondément altéré par le ruissellement ou l'humidité qu'entretiennent les grès.

Basalte augitique. — La roche est de couleur noire, et les phénocristaux, dont la pâte est parsemée, sont visibles à la loupe et rarement assez développés pour être visibles à l'œil nu. L'examen microscopique les montre constitués par du labrador $Ab_3\ An_4$ et de l'augite. Le feldspath est automorphe, et l'augite grenue, disposée en agrégats compacts. Les rares cristaux automorphes de ce minéral sont maclés en sablier, chaque lamelle passant insensiblement à l'autre comme le montre l'extinction ondulée de leur zone commune. La pâte est finement cristalline; elle est constituée par des grains minuscules d'hématite, de limonite, de labrador et d'un grand nombre de globules d'olivine et d'augite.

L'augite se montre parfois en agrégats entourés de paillettes ferrugineuses, au milieu des phénocristaux de labrador, ou bien disposés dans des cassures orthogonales dites fenestrées, du même feldspath.

Les espaces vitreux laissés entre les feldspaths sont transformés en une substance colloïde, jaunie par de la limonite.

Basalte intersertal. — Dans le neck d'Abou-Zâabel, le basalte diffère notablement du précédent par sa structure intersertale. La roche est holocristalline, constituée par les mêmes éléments que précédemment. L'augite est rare et entièrement altérée, l'olivine, en gros globules, est abondante.

Tufs. — Les tufs basaltiques généralement situés à la base des coulées de cette roche sont visibles au Fayoum où Blanckenhorn [90] les a mentionnés. On les retrouve à El-Hamra, entre le Caire et Suez et enfin au-dessus de la coulée du O. Taïeb. C'est à El-Hamra qu'ils sont le plus importants : leur couche n'a pas moins de sept mètres d'épaisseur, elle est ici dans les sables du *schlier*. La roche est généralement rougeâtre suivant ses affleurements, par suite de son altération superficielle. Les pointements moins altérés émergent des grès cent mètres à l'ouest de la principale coulée. Elle est constituée d'éléments vitreux, très ferrugineux, réunis par un ciment concrétionné de calcite et de limonite. On y voit des géodes ou des concrétions testacées de chlorite et d'amphibole provenant de son altération. Les fragments les moins vitreux montrent des grains craquelés de labrador et des débris d'olivine et d'augite. Ils sont en outre criblés de particules arrondies dont la biréfringence à peine apparente accuse un début de cristallisation. Ce sont vraisemblablement des feldspaths à en juger par leur analogie avec la forme spongieuse que prend ce minéral dans la pâte fine des andésites. Ils sont entourés d'une zone fibreuse de microlites feldspathiques disposés perpendiculairement à leur surface.

Gisements. — Barron qui a le mieux étudié la région occupée par ces basaltes signale tous les gisements situés entre le Caire et Suez ; mais se basant peut-être sur le gisement d'Abou-Zâabel mis à découvert par de larges carrières, et qui apparaît nettement comme un neck, il les considère comme des cheminées. La plupart d'entre eux sont des coulées prismatiques. Voici d'ailleurs les gisements connus :

1° Côté Asie. *O. Taïeb.* — La coulée du O. Taïeb est la plus méridio-

nale, elle repose sur les grès et son inclinaison épouse les mouvements du miocène au milieu duquel elle est étalée, ce qui lui donne l'aspect d'un filon. Barron la considère ainsi. Cette coulée affleure parallèlement au rivage de la mer Rouge jusqu'à 4 kilomètres au sud de l'embouchure de la vallée. Un filon traversant le sénonien s'élève 4 kilomètres à l'est et va de la plaine de Markha, 29°0' au O. Hamr, 29°6' de lat. N. Un même filon de basalte vitreux se trouve au Hammam Faraoun.

Dans la coupe que Blankenhorn a dressée dans le O. Taïeb (v. p. 91), un tuf fait suite à la coulée. Je ne l'ai observé nulle part, mais à l'embouchure même de la vallée, le calcaire est fortement imprégné d'oxyde de fer à son contact avec la roche volcanique. Les salbandes de la coulée sont vitreuses ; au contact des grès inférieurs, elles émettent dans cette roche des veinules vitreuses. Le grès est silico-calcaire. Les grains de quartz se sont accrus, postérieurement à leur dépôt, d'une zone quartzeuse de même orientation que le cristal central et séparée de lui par un chapelet d'une matière colloïdale indéterminable. Cette roche contient quelques cristaux clastiques de microline, de zircon et de tourmaline, ainsi que des grains de quartz, d'ailleurs très rares, traversés de filaments de rutile (cheveux de Vénus).

O. Kahlieh. — Cette montagne située à l'est de Suez forme le dernier contrefort du G. Raha. Un filon de 6 mètres, dirigé N. 10° O., traverse le crétacé le long du O. Ethel ; il n'en subsiste que l'extrémité méridionale. Au nord, il se perd sous les sables.

2° Côté Afrique. *Abou-Daraga.* — Un filon de 8 mètres, de direction N. 20° O., prend naissance près de la station ancienne du O. Abou-Daraga où affleurent les grès de Nubie. Il traverse l'épaisseur de la montagne ; je n'ai pu le suivre au nord-ouest sur toute son étendue. La roche en est très altérée.

O. Naouk. — On ne possède que peu de renseignements sur le filon de cette localité, découvert par Schweinfurth. La carte au 1 : 1.000.000 du *Survey Department* lui fait suivre le O. Naouk dont il détermine le cours, et lui attribue vraisemblablement une étendue exagérée.

Schweinfurth a signalé des pointements basaltiques dans le O. Arabba mais il me semble avoir commis une erreur, car je n'ai vu cette roche nulle part et par contre j'ai relevé deux pointements de granite noir à grain fin, semblable à celui d'Assouan, à une faible distance du rivage et 6 kilomètres environ au sud du G. Galala-el-Bahari ; c'est vraisemblablement cette roche que Schweinfurth a confondue avec un basalte.

G. Ataka. — Un puissant filon très altéré affleure dans l'une des gorges qui descendent du plateau, 3 km. à l'ouest de la pointe méridionale. Son épaisseur est d'une dizaine de mètres, et sa direction N. N.-O. Il ne reste de ce filon que son extrémité septentrionale ; il passe au sud sous les éléments détritiques de la vallée.

G. Oum-Thiboua. — Cette colline située sur le flanc nord de l'Ataka, à l'opposé du O. Haggou, est percée d'un neck puissant, incliné vers le nord et dont la section suivant les flancs de la montagne donne l'aspect d'une bosse. Deux autres necks affleurent dans le voisinage de celui-là ; Barron a cru voir en eux des coulées intrusives.

El-Hamra. — (Station n° 9 de l'ancienne route du Caire à Suez). Le gisement constitué par une épaisse couche basaltique de 15 mètres environ reposant sur un tuf de 7 mètres est celui déjà décrit dont la situation au milieu des grès du schlier a permis de dater l'âge des éruptions. Huit kilomètres au N. N.-O. de la station, s'étale la coulée de Gafra qui subsiste encore sur une étendue de 2 kilomètres. Elle est considérée comme un neck par Barron ; huit kilomètres au nord se trouve le gisement Gafeisad que je n'ai pu étudier mais que Barron a décrit, le considérant aussi comme un neck.

C'est à mi-chemin du Caire que les lambeaux de coulées basaltiques sont le plus abondants.

Hamoum-el-Abrak. — Trois kilomètres au sud de cette montagne subsistent trois témoins de quelques mètres d'étendue ayant appartenu à une coulée de basalte prismatique. La cheminée est le filon du O. Khéchen déjà décrit (fig. 17).

El-Angobia. — Cette localité est située à 28 kilomètres du Caire. Autour d'elle, on ne compte pas moins de quinze lambeaux d'une puissante coulée balsatique épaisse de 18 mètres. Les plus étendus mesurent 1 $\times$ 5 km.

G. Daher. — La coulée située à cet endroit (station n° 3 de l'ancienne route de Suez) semble avoir été trouvée par Orlebar [8] qui la signale au-dessus des calcaires à *Scutelles*. Elle est disloquée par une faille à laquelle Barron attribue l'amplitude importante de 165 mètres. Au sud, ce même auteur trace une coulée très étendue dont l'importance est notablement exagérée. Tous ces gisements d'El-Angobia et du Daher sont les témoins d'une longue coulée ne mesurant pas moins de 20 kilomètres de l'est à l'ouest.

Abou-Zâabel. — Le neck de basalte de cette localité ainsi que la coulée à laquelle il a donné naissance, à l'est de son gisement, ont été décrits par Arzruni et Schweinfurth [*in* 39].

Les gisements de Libye (Abou-Roasch, Fayoum, etc.) ont été décrits par Schweinfurth, Blanckenhorn, etc., et sont d'ailleurs en dehors de la région dont je me suis imposé l'étude.

En terminant l'énumération des gisements basaltiques du miocène égyptien, je dois faire remarquer qu'il n'en reste que des lambeaux ; mais ces vestiges suffisent toutefois à montrer que les centres éruptifs étaient largement espacés. On n'observe jamais, en un même point, qu'une unique coulée, et les seules superpositions visibles sont celles des tufs et des basaltes, encore sont-elles très rares. Les cheminées n'ayant été actives qu'une seule fois, alors que leur emplacement doit marquer logiquement un point de faible résistance favorable aux épanchements, on est amené à se demander si tous les gisements ne seraient pas synchrones. Sinon, ils ont des causes dont la localisation varie en bordure du deuxième étage méditerranéen.

L'épanchement continental des basaltes miocènes ne fait aucun doute ; il est confirmé par l'existence des tufs mentionnés, et la présence, dans certaines coulées, d'une zone extérieure scoriacée, qui dénote un épanchement effectué à la surface du sol.

Un autre fait digne de remarque, et que l'on observe dans tous les gisements miocènes de l'Afrique du nord, c'est l'absence absolue de cônes ou de

cratères. Les appareils extérieurs se bornent à des coulées, et les cheminées à des filons d'une épaisseur et d'une étendue variables. Ainsi, le filon du ouadi Naouk épais de sept mètres, à peu près, peut être suivi horizontalement sur plus d'un kilomètre, et si les relevés de la Carte égyptienne du *Geological survey of Egypt* sont précis, il atteindrait en surface six à huit kilomètres de long.

Analyse du basalte de Khéchen :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	TiO^2	MgO	CaO	Na^2O	K^2O.	P.F.	Tot.
50,1	17,7	0,65	7,85	2,4	5,0	10,0	3,5	1,3	1,4	99,9

Classification : II. 5. 3(4). 4.

QUATRIÈME PARTIE

COMPARAISON DES MAGMAS

A. — Analyses.

SÉRIE ANCIENNE, ANTÉRIEURE AUX « BRÈCHES VERTES »

*1. — Granite : Ouadi Schaït.
2. — Microgranite : Gebel Gattar.

ROCHES POSTÉRIEURES AUX « BRÈCHES » ET ANTÉRIEURES AUX GRANITES ROSES

3. — Diorite à oligoclase-albite : Assouan. (Granodiorite : cf. 18).
*4. — Diorite à labrador : G. Doukhan.
5. — Microdiorite : G. Gattar.
6. — Dacite : G. Doukhan.
7. — Dacite : G. Doukhan (Porphyre rouge antique).
8. — Dacite : G. Doukhan. — — —
*9. — Labradorite : G. Doukhan.
*10. — Diabase à gros éléments : Urf-el-Bagar.
11. — Anorthosite : statue de Khéfren.
12. — Norite : Ile Zébirget.
13. — Webstérite : Ile Zébirget.
14. — Amphibololite : Assouan.

GRANITES POSTÉRIEURS AUX SCHISTES

*15. — Granite rouge : G. Gattar.
16. — Granite rose à allanite : G. Doukhan.

*Roches altérées, de la catégorie *méta* : cf. A. LACROIX, *Les roches éruptives du crétacé pyrénéen, et la nomenclature des roches éruptives modifiées*. C. R. t. 170, 1920, p. 685.

17. — Granite porphyroïde à amphibole : Assouan.
18. — Granite gris (grandiorite) : O. Beli.
19. — Granite blanc : G. Fatireh.
20. — Rhyolite, salbande du granite n° 16.
21. — Micropegmatite : G. Doukhan.

Roches crétaciques

22. — Syénite néphélinique et sodalitique : G. Abou-Khroug.
23. — Tinguaite : G. Abou-Khroug.
*24, 25. — Microsyénite : G. Hadarba.
26. — Sölvsbergite : G. Abou-Khroug.
27. — Rhyolite (coulée) : G. Néhihé.
*28. — Roche trachytoïde albitisée : O. Antar.
*29. — Trachyte phonolitique : O. Antar.
30. — Trachyte à orthose sodique : O. Natasch.
31. — Trachyte à anorthose : Urf-Natasch.
32. — Mugéarite : O. Masour.
33. — Basalte : G. Abd.
34. — Basalte : O. Masour.
35. — Basalte du Sinaï : Sérabit-el-Khadim.

Basalte miocène

36. — Basalte : O. Khéchen.

Ces analyses ont été effectuées à l'aide du carbonate de soude ; les alcalis ont été dosés par la méthode de Lawrence Smith.

Pour l'interprétation des analyses, cf. Cross, Iddings etc. : *Quantitative classification of Igneous Rocks*. Chicago, 1902.

	1	2	3	4
SiO^2	66.6	67.4	52.6	59.0
Al^2O^3	13.9	16.2	16.2	17.8
Fe^2O^3	0.5	0.8	1.45	1.5
FeO	3.25	1.8	11.05	3.3
TiO^2	n.d.	0.6	1.0	1.0
MgO	0.8	1.1	3.4	2.9
CaO	5.7	2.4	7.3	7.3
Na^2O	2.7	6.6	4.1	4.65
K^2O	1.8	3.2	1.7	2.1
P^2O^5	n.d.	n.d.	0.6	n.d.
	MnO n.d.			
P. F.	1.4	0.6	0.65	0.9
Total	99.65	100.7	100.05	100.45
Q	27.8	10.9	—	4.85
O	10.6	18.9	10.0	12.8
Ab	23.1 (O+Ab+An: 62.1)	55.5 (O+Ab+An: 79.7)	34.6 (O+Ab+An: 65.45)	39.3 (O+Ab+An: 76.3)
An	28.4 (total: 90.5)	5.3 (total: 90.6)	20.85 (total: 65.45)	24.2 (total: 81.15)
Né	—	—	—	—
Cor	0.6	—	—	—
Métasilicates				
Ca		2.8	5.0	5.0
Mg	2.2	1.8	5.2	7.2
Fe	5.8	1.6	11.2	3.3
Na	—	—	—	—
Acm	—	—	—	—
Orthosilicates	(total: 8.7)	(total: 8.55)	(total: 34.55)	(total: 19.6)
Mg	—	—	2.3	—
Fe	—	—	5.4	—
Magn	0.7	1.15	2.1	2.1
Ilm	—	1.2	2.0	2.0
Hém	—	—	—	—
Apat	—	—	1.35	—
Classification	I. 4. 3. 4 (4)	I. 5. 1. 4 (II) (4) (2)	II. 5. 3. 4 (III)	II. 5. 3. 4

	5	6	7	8
SiO^2.......	58.3	64.3	63.5	64.4
Al^2O^3......	18.0	16.4	16.4	16.1
Fe^2O^3.....	4.5	1.85	2.3	3.5
FeO.......	2.0	2.5	2.5	1.0
TiO^2......	1.0	0.45	0.5	0.65
MgO......	2.3	3.0	3.0	2.7
CaO.......	5.5	4.7	4.4	5.0
Na^2O......	5.4	4.3	4.3	4.2
K^2O.......	1.7	2.0	2.0	1.6
P^2O^5.......	n.d.	0.6	0.3	0.3
			MnO 0.1	MnO 0.1
P. F.......	1.8	0.6	0.6	1.1
Total......	100.5	100.7	99.9	100.65
Q.........	6.8	17.1	16.45	20.4
O.........	10.0	11.7	11.7	9.45
Ab.........	45.6 } 75.35	36.15 } 66.95	36.15 } 67.6	35.6 } 65.35
An.........	19.75 } 82.15	19.7 } 85.05	19.75 } 84.05	20.3 } 85.75
Né.........	—	—	—	—
Cor.......	—	—	—	—
Métasilicates				
Ca.........	3.35	0.3	0.9	1.3
Mg.........	5.8	7.5	8.0	7.0
Fe.........	—	2.4	2.0	—
Na.........	—	—	—	—
Acm......	—	—	—	—
Orthosilicates	} 16.75	} 14.95	} 15.05	} 14.05
Mg.........	—	—	—	—
Fe.........	—	—	—	—
Magn......	3.5	2.55	3.25	1.4
Ilm.......	2.0	0.9	0.9	1.2
Hém......	2.1	—	—	2.55
Apat......	—	1.3	0.6	0.6
Classification	"II. "5. 4. 4" (5)	II. 4. 3. 4 (I)	II. 4. 3. 4 (I)	II. 4. 3. 4 (I)

	9	10	11	12
SiO^2......	50.68	51.0	47.7	47.4
Al^2O^3......	19.15	21.9	32.8	6.4
Fe^2O^3.....	6.41	1.4	0.9	0.5
FeO.......	2.99	5.8	0.4	4.1
TiO^2.......	1.56	1.05	—	0.4
MgO......	4.76	2.2	0.15	30.9
CaO.......	8.03	8.8	15.5	7.4
Na^2O......	2.00	4.25	2.0	2.25
K^2O.......	1.54	1.4	0.5	NiO n.d.
P^2O^5......	0.19 MnO : tr.	n.d. MnO : tr.		Cr^2O^3 n.d.
P. F.......	2.68	2.1	0.5	0.9
Total......	99.99	99.9	100.45	100.25
Q.........	9.5	—	0.9	—
O.........	8.9	8.35	2.8	—
Ab........	16.8 } 64.35	35.1 } 80.15	16.8 } 96.6	12.6 } 20.1
An........	38.65 } 73.85	36.7 } 80.45	77.0 } 98.3	7.5 } 23.5
Né.......	—	0.3	—	3.4
Cor.......	—	—	0.8	—
Métasilicates				
Ca........	0.25	—	—	12.2
Mg........	11.9	—	0.4	9.9
Fe........	—	—	—	0.8
Na........	—	—	—	—
Acm......	—	—	—	—
Orthosilicates	} 23.45	} 17.6	} 1.8	} 75.8
Mg........	—	3.0	—	47.1
Fe........	—	4.7	—	4.35
Magn......	2.9	2 1	1.4	0.7
Ilm.......	5.35	2.0	—	0.75
Hémat.....	2.7	—	—	—
Apat......	0.35	—	—	—
Classification	**II. 4. 3. 4** (5)	**'II. 5. 3. 4'** (4	**I. 5. 5. 4** (4) (5)	**IV. 6 (5 . 3. 5** [*I. 4. 1. 1*]

	13	14	15	16
SiO^2	51.83	46.19	73.9	72.8
Al^2O^2	8.39	18.75	13.6	14.4
Fe^2O^3	0.70	0.60	1.4	0.6
FeO	2.00	9.87	0.5	1.1
TiO^2	0.30	1.65	0.2	0.5
MgO	19.87	6.50	0.3	0.3
CaO	13.48	12.36	0.4	1.0
Na^2O	2.42	2.43	4.4	4.2
K^2O	0.19	1.02	4.75	4.4
P^2O^5	—	—	n.d.	n.d.
P. F.	0.56	1.09	0.5	0.5
Total	99.74	100.46	99.95	99.8
Q	—	—	29.05	30.6
O	1.1	6.1	27.8	24.25
Ab	17.8 } 30.3	14.65 } 57.70	37.2 } 66.95	35.65 } 64.9
An	11.4 } 31.7	36.95 } 60.8	1.95 } 96.5	5.0 } 96.6
Né	1.4	3.1	—	—
Cor	—	—	0.5	1.1
Métasilicates				
Ca	23.2	10 2	—	—
Mg	19.2	5.2	0.7	0.7
Fe	1.1	4.75	—	0.65
Na	—	—	—	—
Acm	—	—	—	—
Orthosilicates	} 67.7	} 39.8	} 2.9	} 3.2
Mg	21.3	7.75	—	—
Fe	1.35	7.85	—	—
Magn	0.60	0.95	0.95	0.95
Ilm	0.95	3.1	0.15	0.90
Hémat	—	—	0.8	—
Apat	—	—	—	—
Classification	**IV. 5. 3. 5.** [*I. 2 3*). *2. 1*]	**II. 5. 4. 4** (III)	**I. 4. 1. 3″**	**I. 4. 2. 3″** (1)

	17	18	19	20
SiO^2	69.9	66.2	66.2	77.4
Al^2O^3	14.7	15.7	16.6	11.75
Fe^2O^3	0.4	1.1	0.8	1.0
FeO	1.6	2.5	1.9	0.6
TiO^2	0.3	1.2	0.6	0.15
MgO	0.2	2.1	1.7	0.05
CaO	1.3	3.6	4.5	tr.
Na^2O	4.4	4.4	5.8	4.3
K^2O	6.7	2.5	1.9	4.3
P^2O^5	n.d.	—	n.d.	—
P. F.	0.2	0.5	0.65	0.2
Total	99.7	99.8	100.65	99.75
Q	16.1	18.7	14.1	35.95
O	39.5	16.1	11.1	25.6
Ab	37.2 } 77.3	37.2 } 68.3	49.25 } 73.9	36.15 } 61.75
An	0.6 } 93.4	15.0 } 87.0	13.6 } 88.0	— } 97.7
Né	—	—	—	—
Cor	—	—	—	—
Métasilicates				
Ca	2.4	1.4	3.6	—
Mg	0.5	5.2	4.2	0.1
Fe	2.0	3.05	1.7	—
Na	—	—	—	—
Acm	—	—	—	—
Orthosilicates	} 6.2	} 13.55	} 11.95	
Mg	—	—	—	—
Fe	—	—	—	—
Magn	0.7	1.6	1.25	1.4
Ilm	0.6	2.3	1.2	0.45
Hémat	—	—	—	—
Apat	—	—	—	—
Classification	**I. 4″. 1. 3.**	**II. 4. 2. 4** (I) (3)	**I. 4′. 2. 4″** (II)	**I. ′4. 1. 3** (4)

	21	22	23	24
SiO^2	73.9	60.1	57.7	56.5
Al^2O^3	14.25	18.4	20.1	18.5
Fe^2O^3	1.3	1.8	1.0	4.4
FeO	0.25	2.5	2.2	0.7
TiO^2	0.2	0.5	0.2	—
MgO	0.1	0.3	0.2	0.2
CaO	tr.	1.4	1.2	0.9
Na^2O	5.8	9.1	10.6	10.2
K^2O	4.6	5.2	5.4	4.6
P^2O^5	—	Cl. 0.1	Cl. 0.4	Cl. 0.4
P. F	0.2	1.2	1.3	3.5
Total	100.6	100.6	100.3	99.9
Q	22.8 } 97.2	— } 85.05	— } 87.05	— } 81.75
O	27.25 } 74.4	30.6 } 71.5	31.7 } 64.2	27.25 } 62.85
Ab	47.15	40.9	32.5	35.6
An	—	—	—	—
Né	—	13 35 Na Cl 0.2	22.15 Na Cl 0.7	18.2 Na Cl 0.7
Cor	—	—	—	—
Métasilicates	} 3.1	} 14.15	} 11.9	} 14.4
Ca	—	2.9	2.45	1.85
Mg	0.2	—	—	0.5
Fe	—	3.3	2.75	0.5
Na	—	1.35	2.3	—
Acm	1.85	5.1	2.8	10.15
Orthosilicates				
Mg	—	0.6	—	—
Fe	—	—	1.15	—
Mang	—	—	—	1.4
Ilm	0.45	0.9	0.45	—
Hémat	0.6	—	—	—
Apat	—	—	—	—
Classification	**I. 4. 1. 4** (3)	**I. 6. 1. 4** (II) (5)	**I. 6. 1. 4** (II)	**II. 6. 1. 4** (I)

	25	26	27	28
SiO^2	57.5	65.9	70.8	59.8
Al^2O^3	17.8	13.1	12.9	15.55
Fe^2O^3	4.7	4.8	3.1	8.7
FeO	1.4	1.6	0.2	1.05
TiO^2	—	0.3	0.45	1.05
MgO	0.2	0.2	0.2	1.3
CaO	1.3	1.4	1.2	2.0
Na^2O	9.0	7.4	5.85	4.55
K^2O	4.5	5.4	3.75	4.40
P^2O^5	Cl. 0.4	—	—	n.d.
P. F.	3.0	0.5	1.55	2.2
Total	99.8	100.6	100.00	100.6
Q	—	8.65	21.95	10.6
O	26.7	31.7	22.25	26.15
Ab	46.6 } 73.3	37.2 } 68.9	45.05 } 67.3	38.25 } 73.3
An	— } 84.8	— } 77.55	— } 89.25	8.9 } 83.9
Né	10.8	—	—	—
Na Cl	0.7			
Cor	—	—	—	—
Métasilicates				
Ca	2.65	2.9	2.45	0.45
Mg	0.5	0.5	0.5	3.2
Fe	—	2.4	—	—
Na	—	2.2	—	—
Acm	3.7	13.85	3.7	—
Orthosilicates	} 11.55	} 22.45	} 9.25	} 14.45
Mg	—	—	—	—
Fe	—	—	—	—
Magn	4.4	—	0.7	—
Ilm	—	0.6	0.6 TiO^3Ca	2.15
Hémat	0.3	—	1.3	8.65
Apat	—	—	—	—
Classification	**I. 6. 1. 4** **(II) (5)**	**II. 5. 1. "4** **(4)**	**I". 4. 1. "4**	**II. 4-5. 2. 3** **(I) (4)**

	29	30	31	32
SiO^2......	64.9	58.75	60.76	56.90
Al^2O^3.....	19.2	18.27	17.02	18.37
Fe^2O^3.....	0.2	1.95	4.88	3.27
FeO.......	—	4.85	2.39	4.64
TiO^2......	1.5	0.41	0.28	0.64
MgO......	0.2	0.42	0.39	1.06
CaO.......	0.5	2.90	2.87	3.64
Na^2O......	5.95	6.10	5.81	6.11
K^2O	7.25	4.20	3.74	3.74
P^2O^5......	—	0.16	0.21	0.38
		MnO 0.15	MnO n.d.	MnO 0.14
P. F.......	0.5	1.80	2.04	1.81
Total......	100.20	99.96	100.39	100.60
Q.........	1.25	—	7.3	—
O.........	42.8	25.0	21.7	21.7
Ab........	50.3 } 95.6	51.35 } 86.35	49.25 } 80.4	49.8 } 83.45
An........	2.5 } 97.45	10.0 } 86.35	9.45 } 87.7	11.45 } 84.3
Né........	—	—	—	0.85
Cor.......	0.6	—	—	—
Métasilicates				
Ca........	—	1.5	1.6	1.5
Mg........	0.5	0.2	1.0	0.6
Fe........	—	1.45	—	0.9
Na........	—	—	—	—
Acm	—	—	—	—
Orthosilicates	} 2.2	} 11.7	} 10.55	} 14.3
Mg........	—	0.55	—	1.4
Fe........	—	3.9	—	2.85
Magn......	—	3.0	6.7	4.85
Ilm	1.5 (TiO^2)	0.75	0.6	1.2
Hémat	0.2	—	0.3	—
Apat......	—	0.35	0.35	1.0
Classification	**I. 5. 1. .3**	**I. 5. 2. "4** **(II)**	**I. "5. 2. 4.** **(II)**	**II. 5. 2. 4** **(I)**

	33	34	35	36
SiO^2......	48.7	45.0	49.7	50.1
Al^2O^3.....	20.6	19.8	17.45	17.7
Fe^2O^3.....	1.1	1.1	1.7	0.65
FeO.......	8.35	9.9	7.35	7.85
TiO^2......	2.5	2.6	1.25	2.4
MgO......	4.3	5.6	6.85	5.0
CaO.......	6.6	7.8	9.0	10.0
Na^2O......	4.3	4.65	2.95	3.5
K^2O.......	1.4	1.55	0.9	1.3
P^2O^5......	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
P. F.......	1.8	1.6	2.4	1.4
Total.....	99.65	99.60	99.55	99.9
Q.........	—	—	—	—
O.........	8.35	8.9	5.55	7.8
Ab........	32.5 (73.65)	20.45 (58.0)	24.65 (61.95)	28.8 (65.5)
An........	32.8 (75.65)	28.65 (68.2)	31.7 (61.95)	28.9 (65.8)
Né........	2.0	10.2	—	0.3
Cor.......	—	—	—	—
Métasilicates				
Ca........	—	4.2	5.45	8.7
Mg.......	—	2.2	12.1	2.7
Fe........	—	1.85	7.1	6.35
Na........	—	—	—	—
Acm......	—	—	—	—
Orthosilicates	(21.75)	(31.65)	(35.3)	(33.5)
Mg........	7.50	8.25	3.55	5.4
Fe	7.95	8.55	2.25	4.9
Acm......	1.6	1.6	2.55	0.9
Ilm......	4.7	5.0	2.30	4.55
Hémat....	—	—	—	—
Apat......	—	—	—	—
Classification	**II. 5. 3. 4** (4)	**II. 6. 4. 4** (5) (3)	**II. 5. '4. '4** (III)	**II'. 5. 3. 4** (4)

B. — Comparaison des magmas.

Afin de comparer les analyses précédentes, il est nécessaire de rassembler les formules magmatiques données par les tableaux et de les grouper en raison de leurs affinités ou de leurs différences. Un examen d'ensemble permet déjà de distinguer deux séries : l'une calco-alcaline, ayant comme caractères commun la constance du rapport de la potasse à soude qui les maintient presque toutes dans le subrang **4**, l'autre sodique.

Voici le tableau que l'on peut dresser des roches calco-alcalines [1] :

Nos 30. Trachyte sodique.... 31. — à anorthose 32. Mugéarite..........	**I. 5. 2. 4.**	Nos 1. Granite ancien....... 6. 7. 8. Dacite.........	**I/II. 4. 3. 4.**
18. Granodiorite........ 19. Granite............ 28. Roche albitisée.....	**I. 4/5. 2/3. 4.**		
3, 4. Diorite........... 6. Labradorite......... 7. Diabase............	**I/II. 5. 3. 4.**		
10. Labradorite......... 33, 36. Basaltes........	**II. 5. 3 4). 4.**		
5. Microdiorite........	**II. 5. 4 (5). 4.**		
11. Anorthosite.........	**II. 5. 5. 4.**	34. Basalte..........	**II. 6 5). 4 3). 4.**
Norite, websterite, dunite.			

La quantité d'éléments ferro-magnésiens varie dans cette série d'un type leucocrate aux roches mélanocrates, et la présence de silice libre, en modifiant le deuxième paramètre du type andésitique donne le groupe des dacites (porphyre rouge).

En ne considérant que les deux paramètres, les plus importants comme caractère spécifique de cette série de magmas, le dernier indique des roches dans lesquelles la soude prédomine sur la potasse, ce qui est courant dans

1. J'ai négligé dans les formules qui suivent les légères variations des paramètres qui les éloignent du type moyen indiqué.

tous nos magmas ; l'avant-dernier, par ses variations, donne une série continue de feldspaths plagioclases, et par conséquent une série régulière de roches de la série andésitique :

— . — . 2. 4. roche à oligoclase : mugéarite.
— . — . 3. 4. — andésine : andésite, diorite.
— . — . 4. 4. — labrador : labradorite, basalte etc.
— . — . 5. 4. — anorthose : anorthosite.

Certaines roches, par leur altération s'écartent un peu des groupes dans lesquels leurs analyses les placent, par exemple, les diorites à oligoclase-albite auxquelles l'altération des feldspaths impose une élévation de teneur en chaux. En outre, le basalte n° 34 voit son deuxième paramètre modifié du fait d'une grande abondance d'olivine ; sa formule qui le place aux côtés des roches néphéliniques ne répond donc pas à la réalité.

Voici la série alcaline :

N°s 21. Micropegmatique ..... 27. Rhyolite	**I. 4. 1. 4.**	N° 20. Rhyolite .... : **I. 4. 2. 3 (4).**
15, 16, 17. Granites	**I. 4. 1. 3.**	
29. Trachyte phonolitique.	**I. 5. 1. 3.**	

Enfin, nettement distinct, le groupe des syénites néphéliniques :

22, 23, 24, 25, 26 .... **II. 6. 1. 4.**

Deux tendances bien marquées s'affirment dans cette série : d'une part diminution de silice correspondant à une notable augmentation de soude ce qui donne un groupe indépendant de tous les autres, englobant les syénites néphéliniques, d'autre part apparaît un groupe potassique, dans lequel le rapport des alcalis est presque voisin de l'unité. Il y persiste deux des caractères de la série précédente, à savoir : une faible teneur en éléments colorés et la présence de silice libre.

Je rappelle qu'il est intéressant de rapprocher les roches n°s 16 et 20 [**I. 4. 2(1). 3** et **I. 4. 2. 3(4).**] la dernière étant la salbande de l'autre. Les deux formules magmatiques indiquent qu'à sa surface de contact avec les roches encaissantes, le magma granitique devient moins calcique et plus sodique. Le terme extrême de la différenciation serait donc une roche essentiellement sodique.

En se reportant au texte de cet ouvrage, au cours duquel j'ai établi l'existence de plusieurs séries éruptives, on est conduit à se demander si ces dernières correspondent à la distinction, telle qu'elle établie ci-dessus, des différents groupes de magmas. L'examen de ceux-ci et des analyses permet de répondre négativement. La distinction de ces groupes est indépendante de la succession des magmas. Le groupe des andésites, par exemple, englobe des roches d'âge divers ; les syénites néphéliniques, certains granites et les mugéarites seuls constituent des groupes indépendants, tant par leur âge que par l'individualisation de leurs magmas dans l'ensemble des roches étudiées.

INDEX

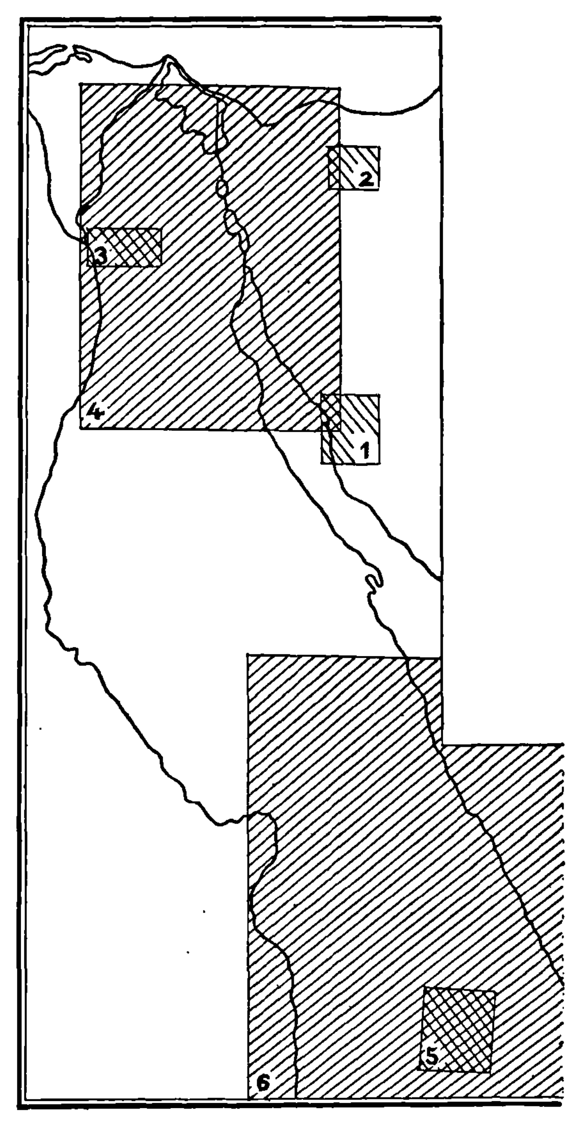
RAPPORTÉ AUX TERMES GÉOGRAPHIQUES

O. = Ouadi, vallée ; G. = Gebel, montagne.
Les localités, montagnes ou vallées du côté asiatique sont en italique.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES FIGURES

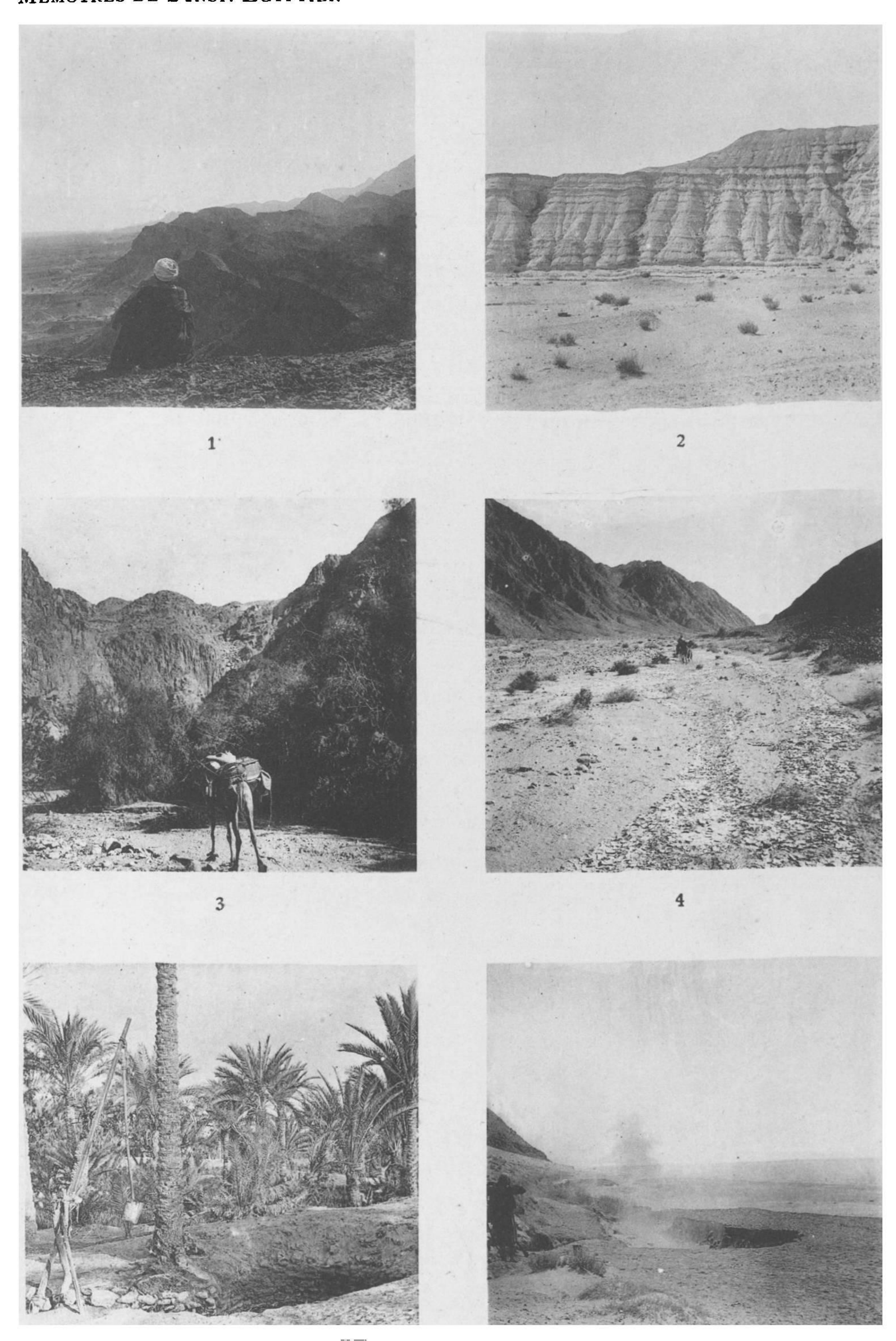
ASSEMBLAGE DES CARTES



ERRATA

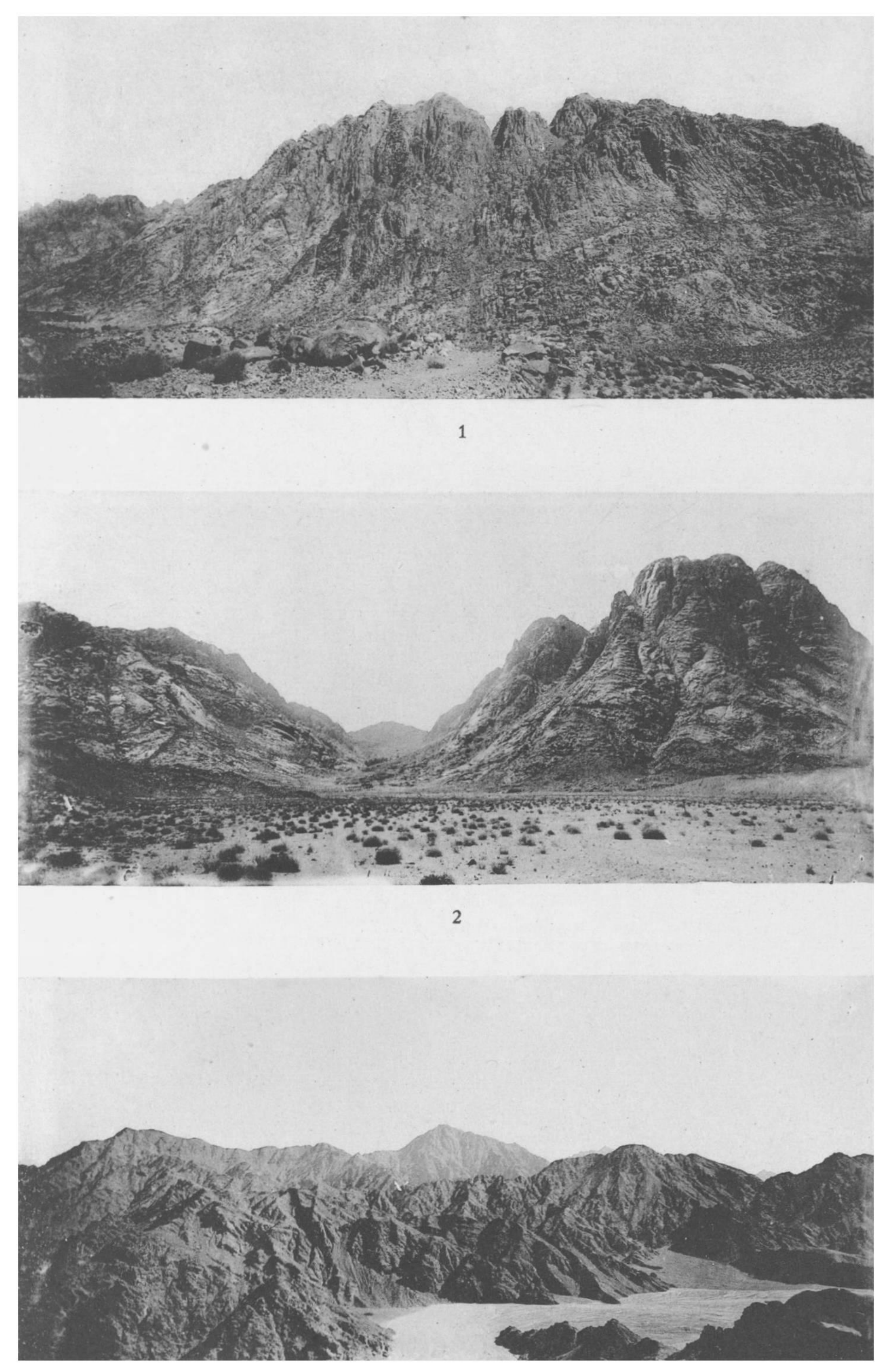
Page : 3	5e ligne, lire :	1.800 m. et non 3.000 m.
7	8e — —	S.-E. de Suez et non S.-O.
33	4e — —	épaisseur de 400 à 500 m.
38	15e — —	**Granodiorite**, et non **Syénite**.
44	av.-dern. —	*Mosaicum*.
45	lire : *Orthis Michelini* LÉVEILLÉ.	
46, 49	— *Inoceramus Balli* B. NEWT. et non *I. Cripsi* MANTEL.	
56, 120,	Carte 1 et fig. 29, cf. Murray [131] et Hume [124].	
60	dernière ligne, lire : 8 m. et non m 8.	
65	lire : **O. Moghara**, et non **Mogàara**.	
67	2e ligne, lire : au delà s'étend le sénonien.	
89	lire, dans la liste : *Chlamys submalvinæ* et *Lucina ornata*.	
148	**Ile Zébirget**, 8e ligne, lire : maclés suivant...	
164	4e ligne, lire : puis viennent ...	
249	20e ligne : le n° 26 doit être placé à la suite du n° 29.	

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS



Cl. J. Barthoux *Imp. Tortellier et Cie*

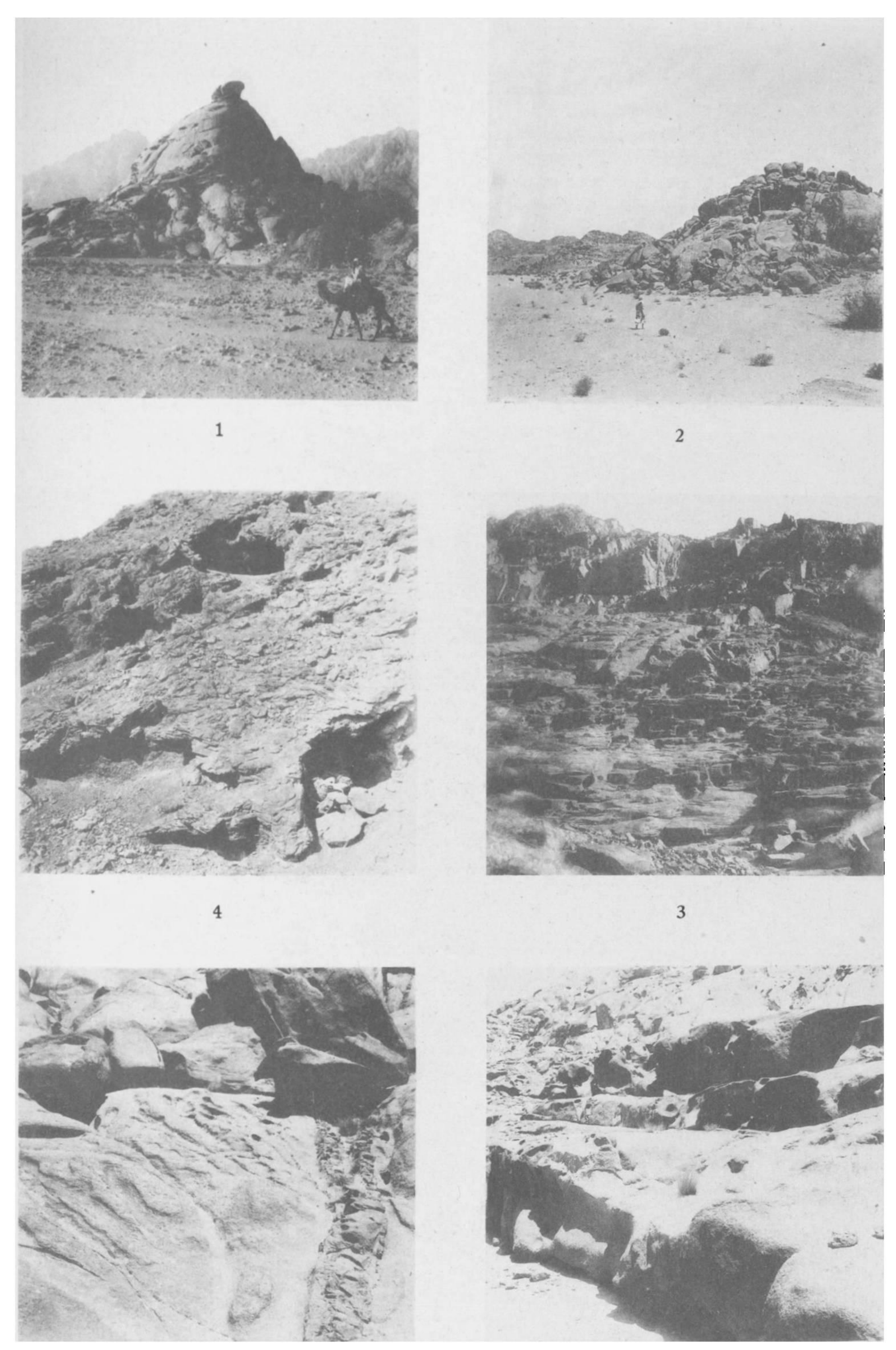
1, Cénomanien, flanc nord du G. Galala. — 2, Abrupt de l'Éocène (Ouadi Raha). — 3, Oasis dans une vallée granitique du Sinaï oriental (O. Kyd). — 4, Croûte de boue laissée par le lit d'un torrent. — 5, Source chaude d'Aioun-Mousa, près de Suez. — 6, Source chaude dite Hammam Faraoun.



Cl. J. Barthoux *Imp. Tortellier et Cie*

3

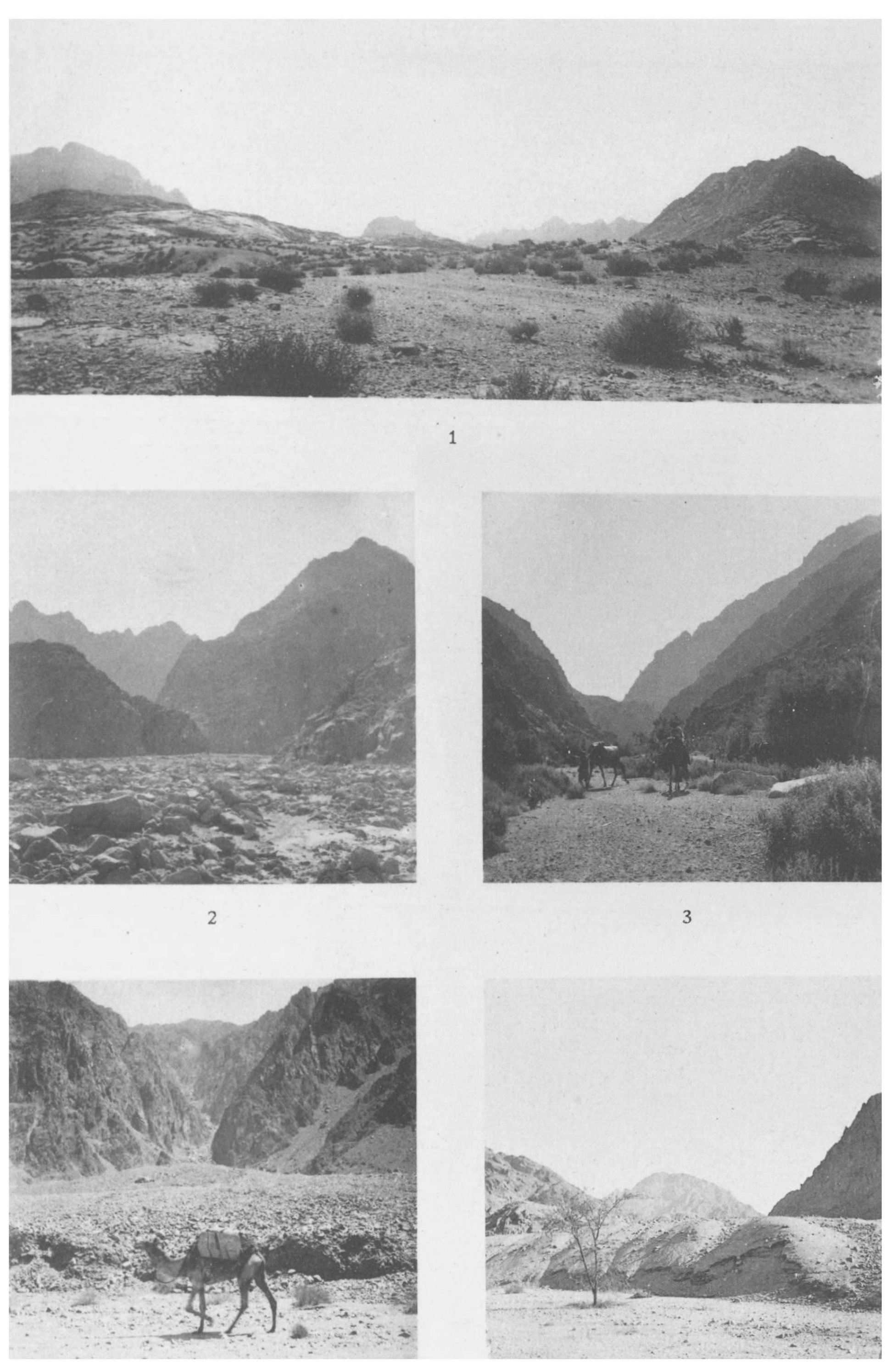
1, Profil ruiniforme du granite causé par des diaclases verticales (G. Mousa). — 2, Profil arrondi produit par exfoliation d'un massif granitique (G. Catharina). — 3, Paysage d'une région schisteuse et gneissique (O. Yahamed, Sinaï).



Cl. J. Barthoux

Imp. Tortellier et Cie

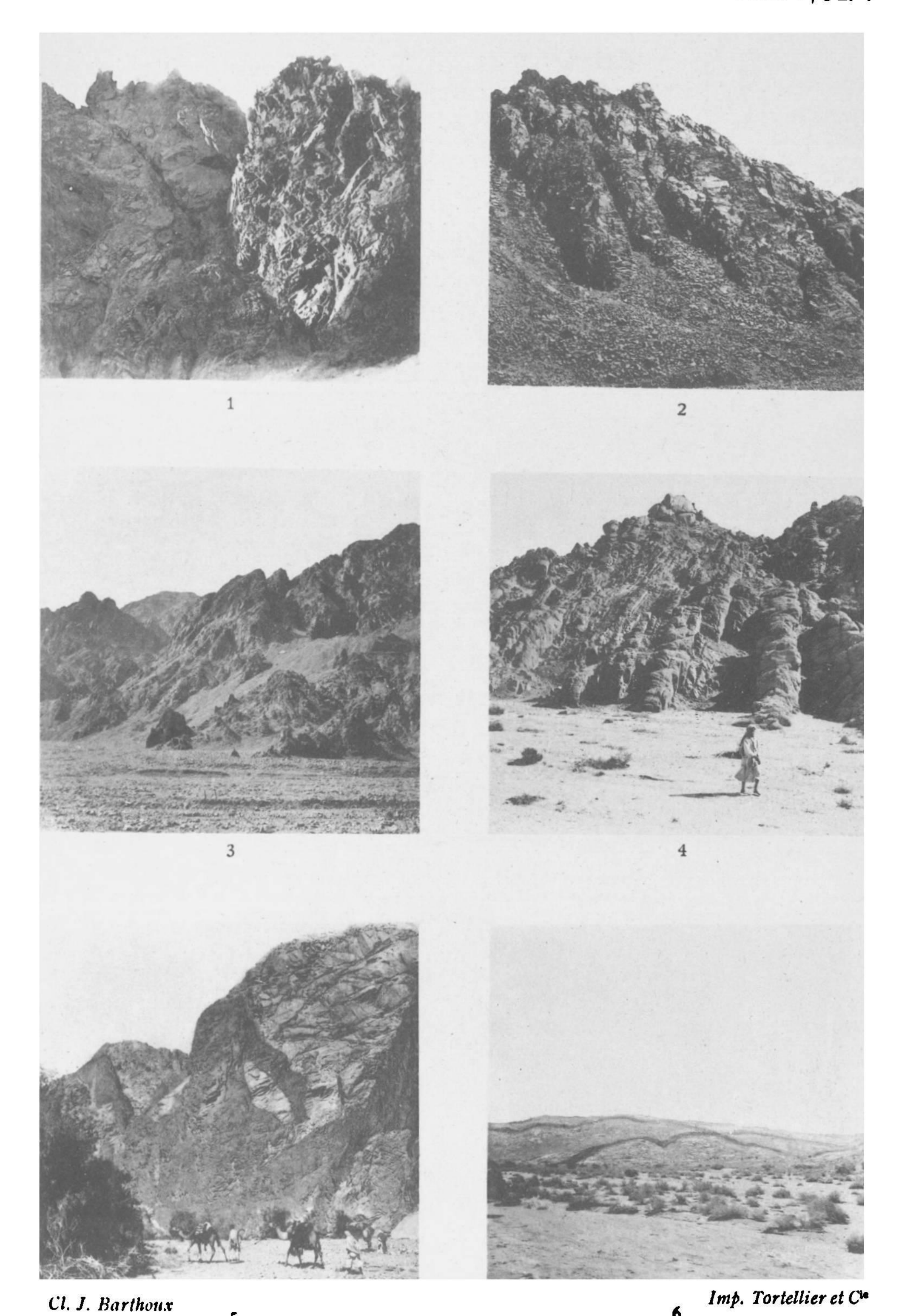
DÉCOMPOSITION DU GRANITE : 1, Bosse produite par l'exfoliation du granite (O. Letih). — 2, Décomposition par diaclases orthogonales (O. Beli). — 3, Diaclases serrées (G. Catharina). — 4, Décomposition caverneuse (G. Doukhan). — 5, Diaclases parallèles donnant l'aspect stratiforme au granite (G. Deir, Sinaï). — 6, Rigoles creusées par le ruissellement (G. Deir).



Cl. J. Barthoux

Imp. Tortellier et Cie

DIFFÉRENTS TYPES DE VALLÉES DU SINAI : 1, Hautes vallées du Sinaï : profil couché. La région tend vers une pénéplaine. — 2, Partie haute d'une vallée torrentielle. — 3, Partie basse de la même vallée, avec végétation de menthe sauvage. — 4 et 5, Lits «suspendus» de vallées latérales (O. Yahamed et O. Kyd).

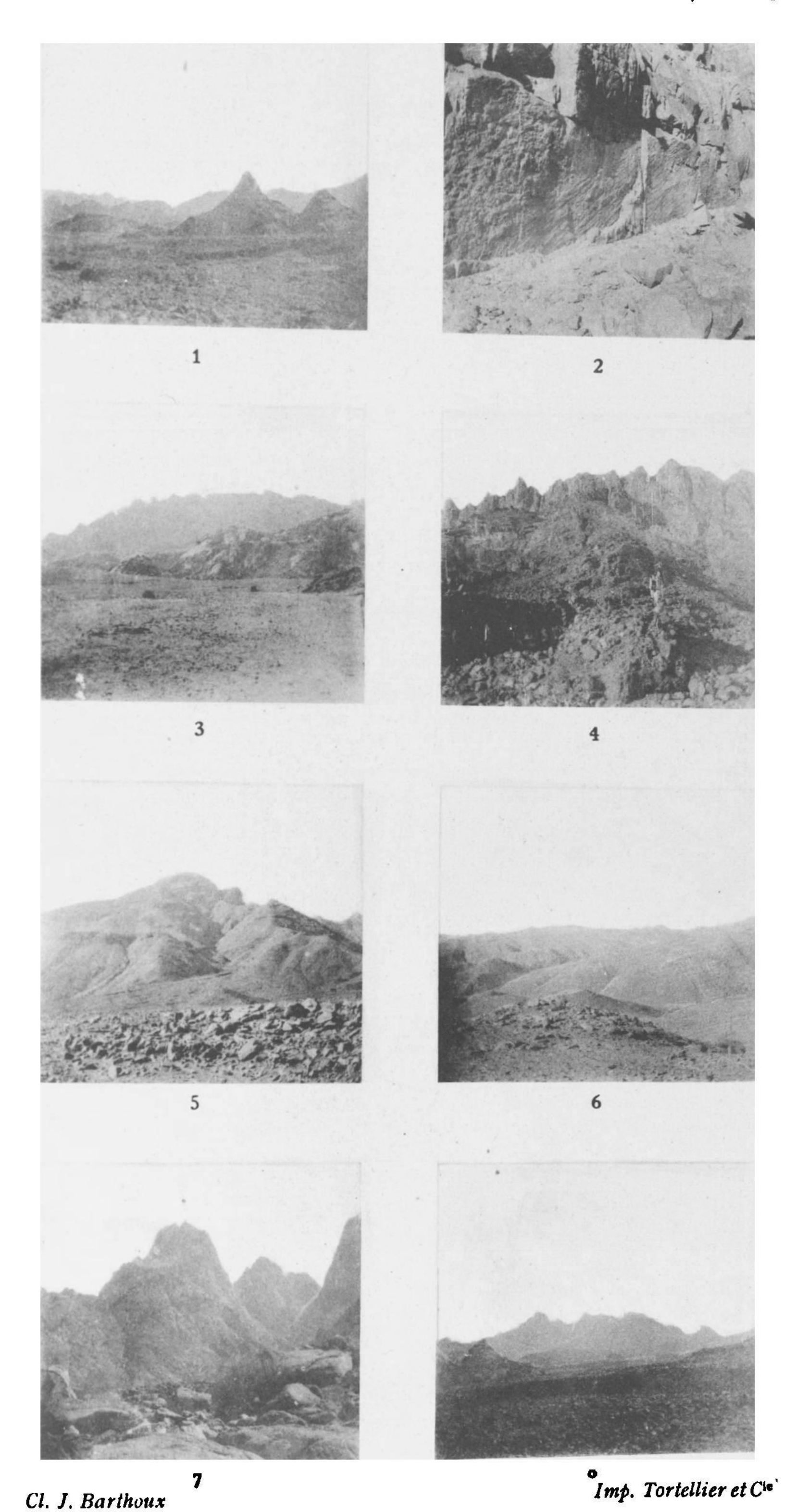


Cl. J. Barthoux

Imp. Tortellier et Cie

5 6

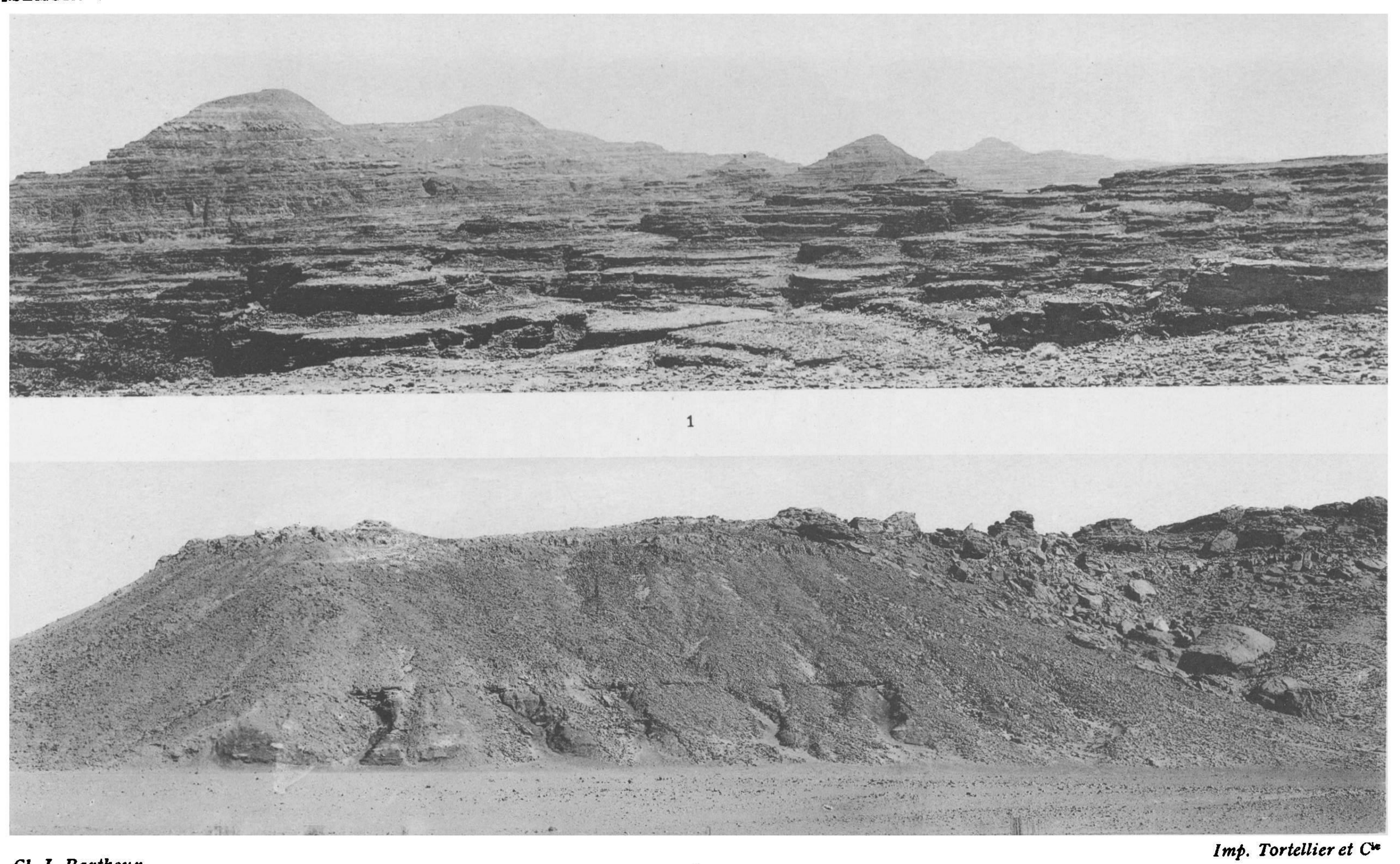
RÉGIONS FILONIENNES DU SINAI : **1, 2, 3, 4**, Assemblage de filons rhyolitiques et paysage donné par ces roches (O. Malhadge et O. Yahamed). — **5**, Filons de diabase anastomosés (O. Kyd). — **6**, Intersection de deux longs filons de diabase (O. Oum Agraf).



Cl. J. Barthoux

Imp. Tortellier et Cie

Gebels Doukhan et Gattar : Profils. 1, Pic granitique (Msalla du O. Belih). — 2, Miroir de faille moulé par un filon de rhyolite. — 3, 4, Profil et détail de la crête du G. Doukhan. — 5, Éperon de schiste et de «brèche verte». — 6, Paysage mammelonné des schistes du O. Belih. — 7, 8, Massif granitique du G. Gattar.



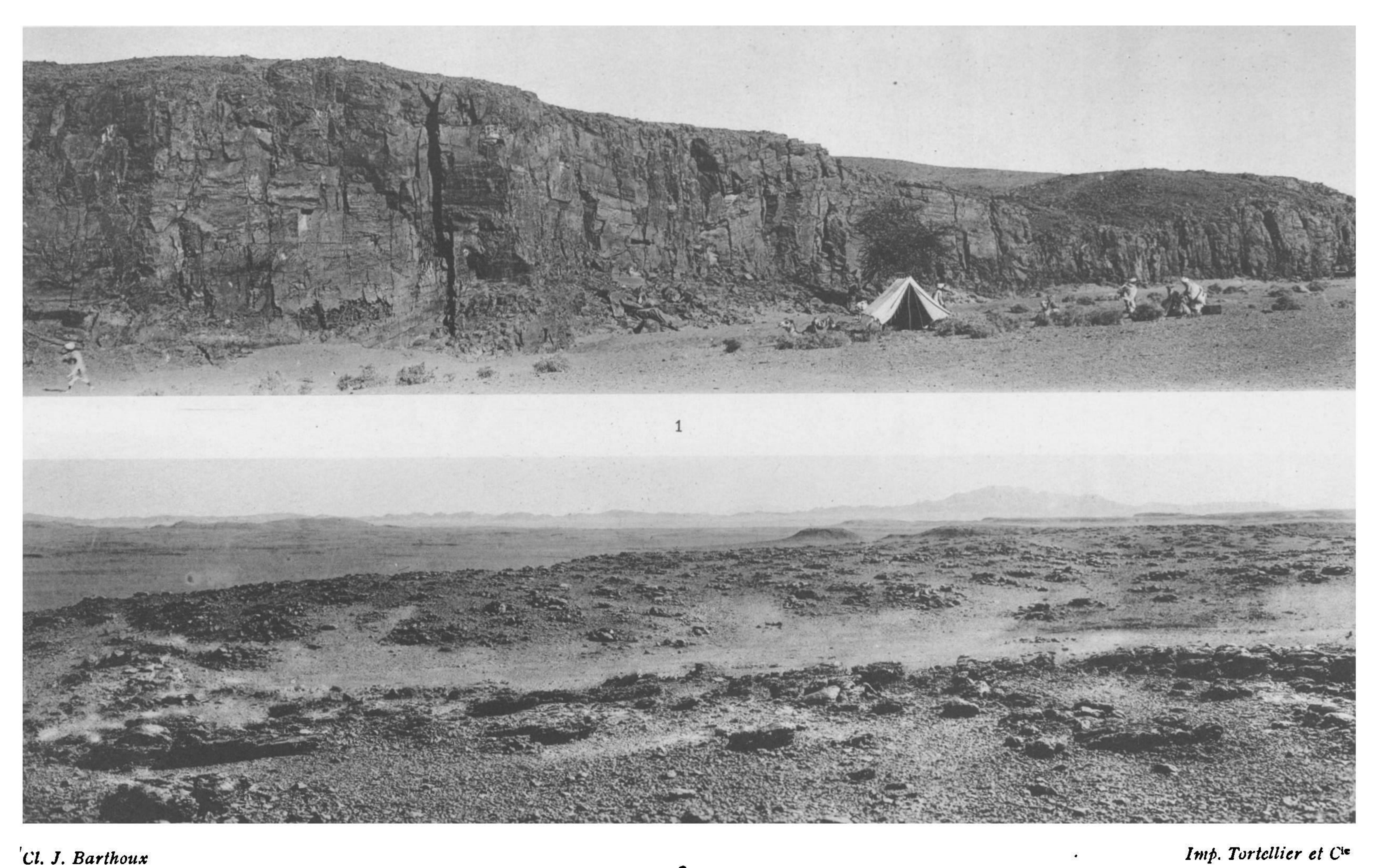
1

2

Cl. J. Barthoux

Imp. Tortellier et Cie

1, Grès carbonifères et grès de Nubie au sommet desquels s'étend le basalte du Sinaï (Gebel Oum-Réglén). — 2, Grès de Nubie reposant sur des coulées de mugéarite altérée (Ouadi Oum-el-Ouaï).



1

2

Cl. J. Barthoux

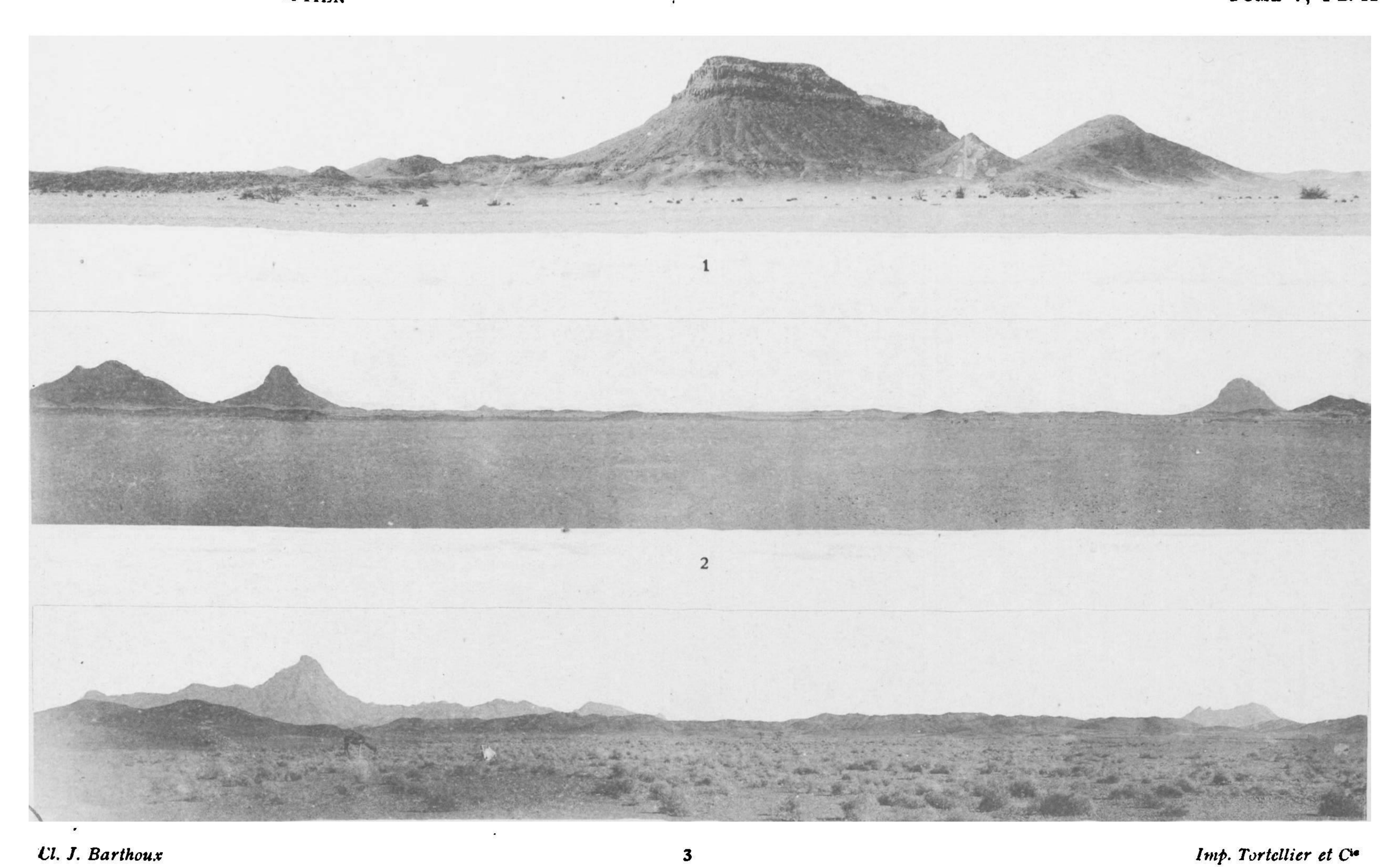
Imp. Tortellier et C[ie]

1, Coulée de mugéarite du O. Masour. — 2, Cheire basaltique du sud du G.-el-Abd.

Cl. J. Barthoux

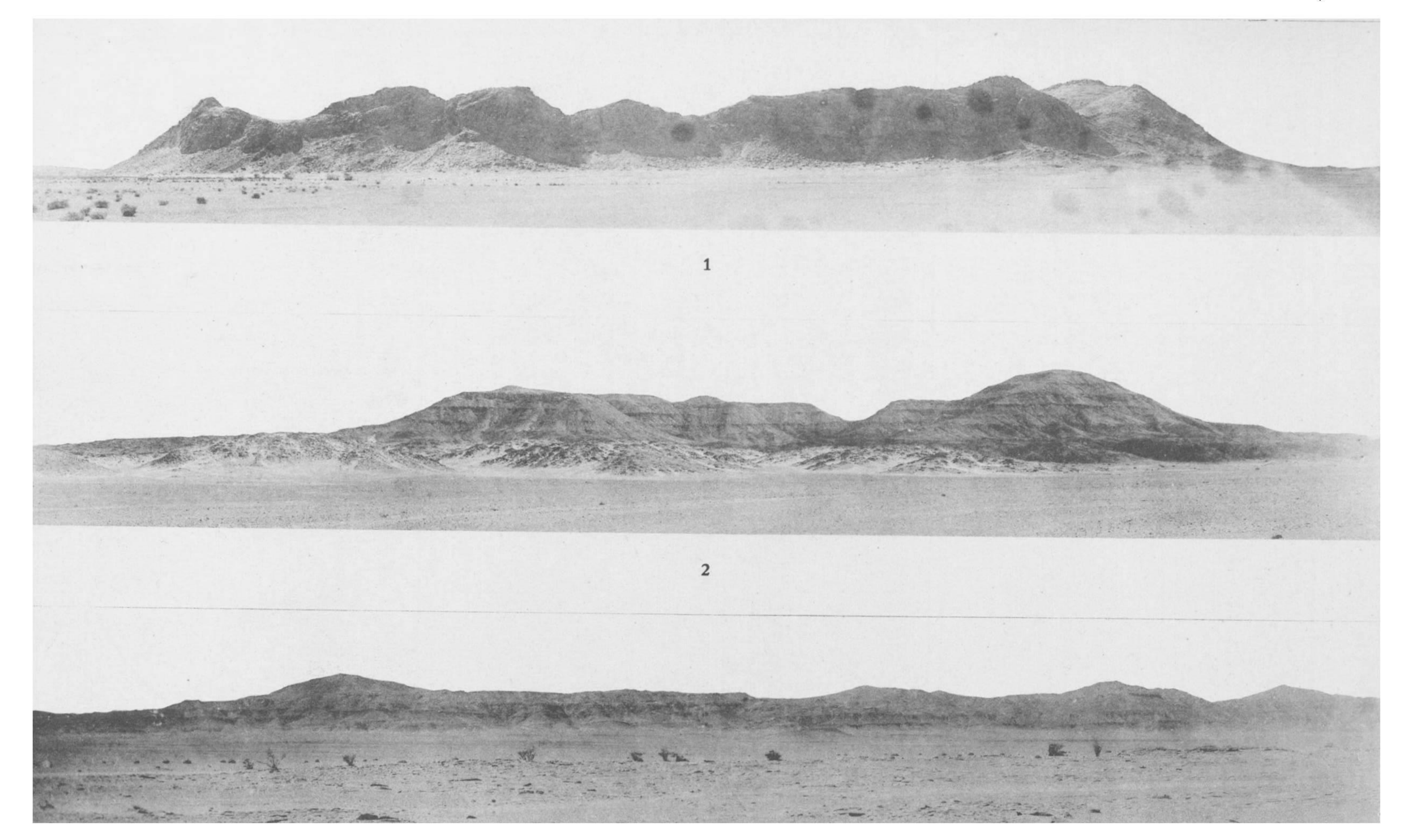
Imp. Tortellier et Cie

Gebel Nahad : cheminée de Solvsbergite



Cl. J. Barthoux 3 *Imp. Tortellier et Cie*

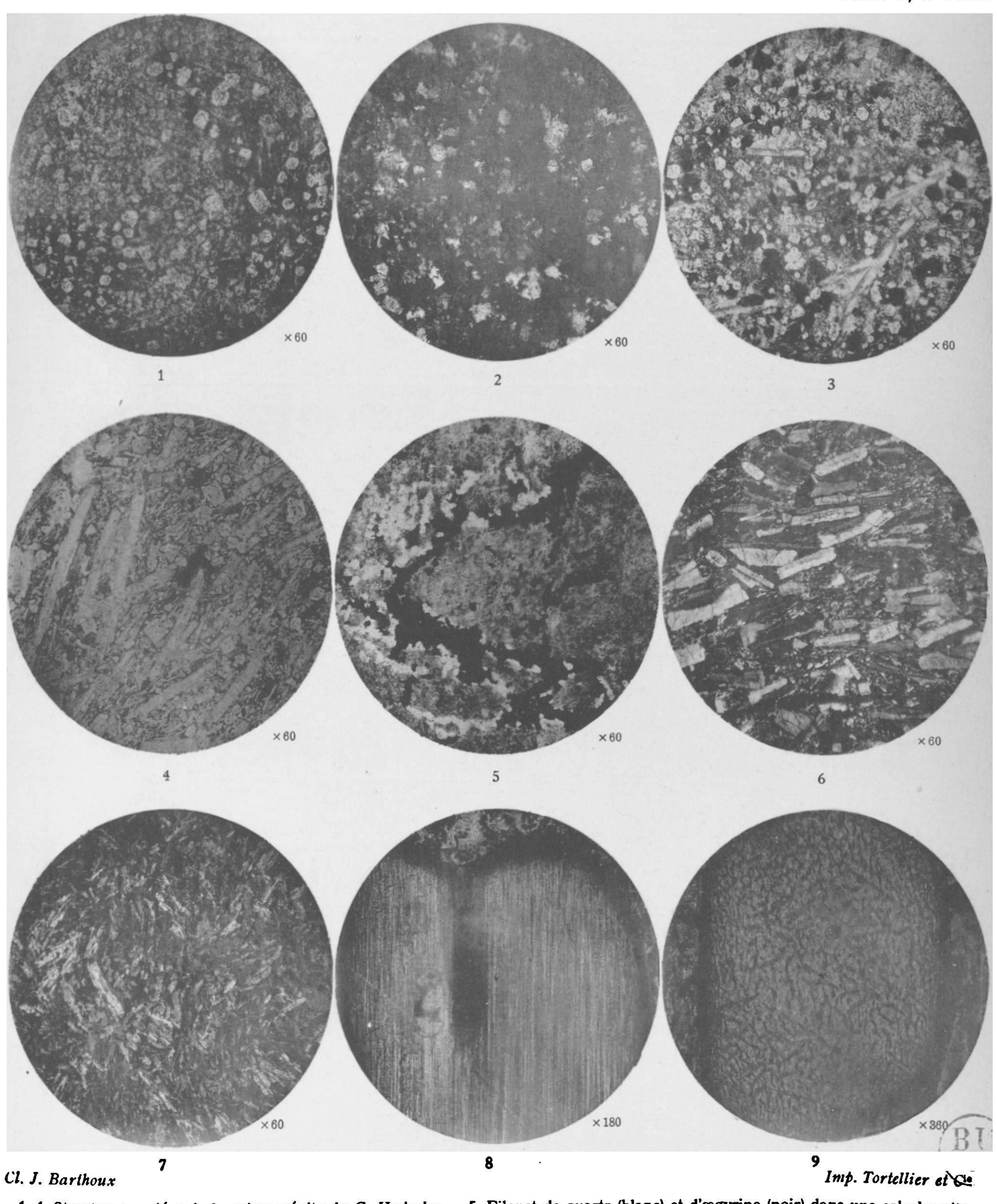
1, Cheminée de solvsbergite avec fissures étagées donnant l'apparence de coulées. — **2**, Cheminées jumelles de solvsbergite des G. Nehoud. — **3**, Syénite néphélinique (à gauche) du G. Abou-Khroug. — Cheminée de solvsbergite (à droite) du G. Hamrat Selma.



Cl. J. Barthoux

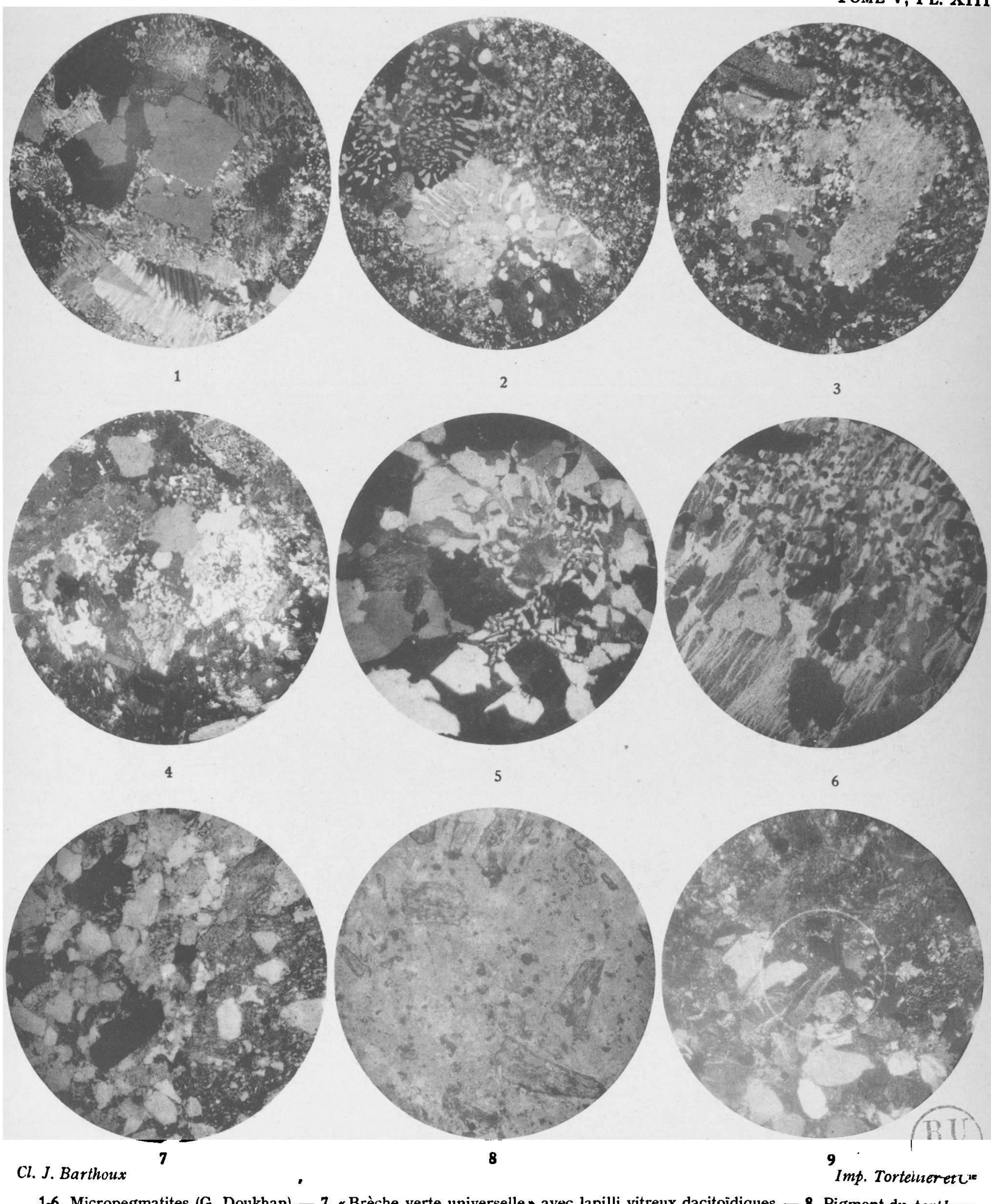
Imp. Tortellier et Cie

1, Cheminée cratériforme de solvsbergite (Urf-el-Ouaï). — 2, Coulées superposées (G.-el-Ouaï). — 3, Coulées du G.-el-Abd.



Cl. J. Barthoux *Imp. Tortellier et Cie*

1-4, Structures variées de la microsyénite du G. Hadarba. — **5**, Filonet de quartz (blanc) et d'ægyrine (noir) dans une solvsbergite (gris). — **6**, Trachyte à anorthose. — **7**, Mugéarite. — **8**, **9**, Sections longitudinale et transversale d'un cristal d'apatite grise à inclusions filamenteuses de rutile. — (**2**, **6**, **7**, sont exécutées à la lumière polarisée).

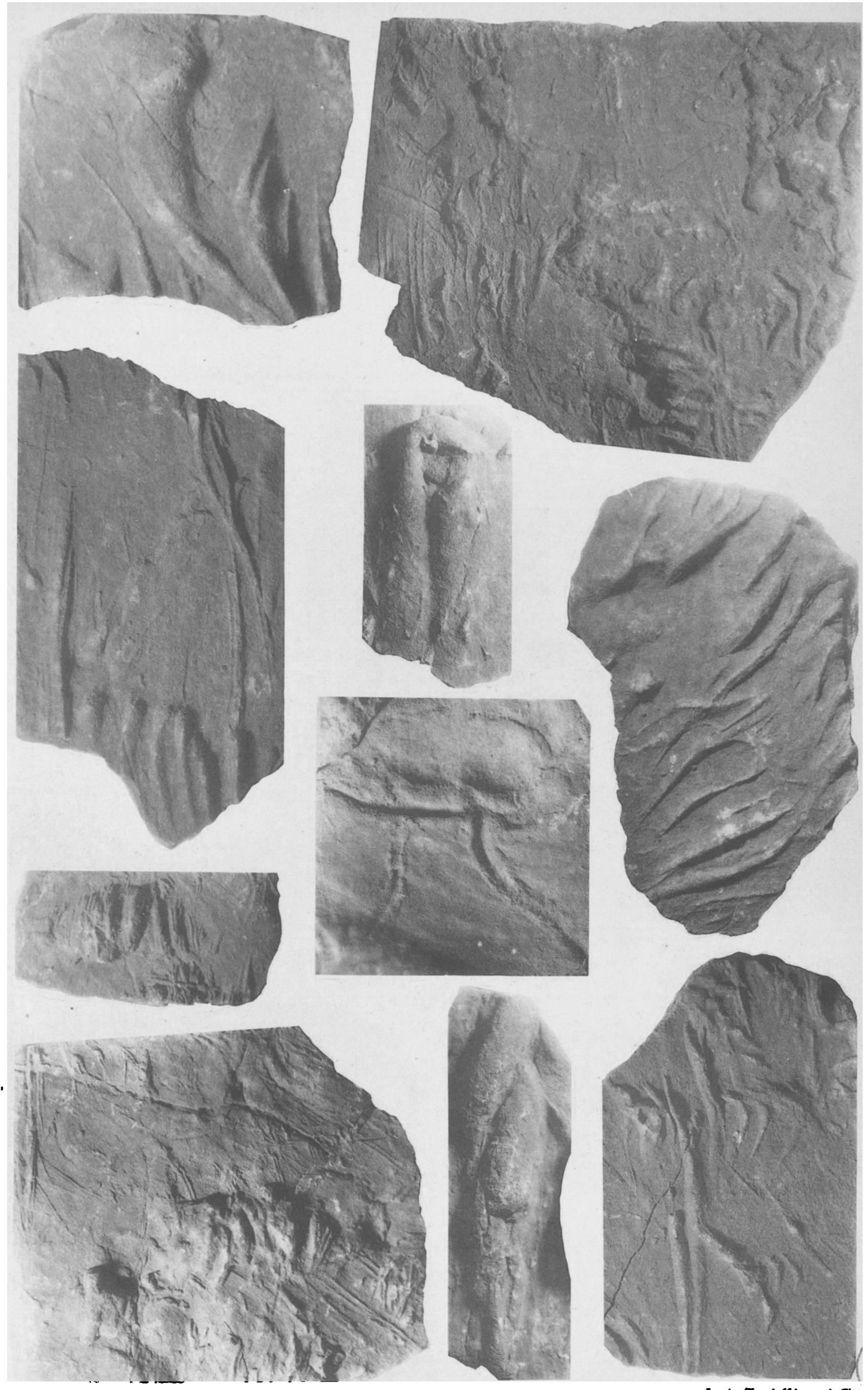


1 2 3 4 5 6 7 8 9

Cl. J. Barthoux

Imp. Tortellier et Cie

1-6, Micropegmatites (G. Doukhan). — **7**, « Brèche verte universelle » avec lapilli vitreux dacitoïdiques. — **8**, Pigment du *porphyre rouge antique* (lumière réfléchie). — **9**, Fossile microscopique des schistes. — × × 60



Cl. J. Barthoux *Imp. Tortellier et Cie*

Empreintes de Méduses (*Laotira* sp. et *Eophyton* sp.) (G. Oum Bogma, Sinaï) et de leurs filaments urticants.

×× 1/2 à 1/5

SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

I. Minéralogie. — Méthodes modernes de détermination des Feldspaths.

II. Zoologie. — Les Nématodes : Anatomie, Évolution, Migrations.

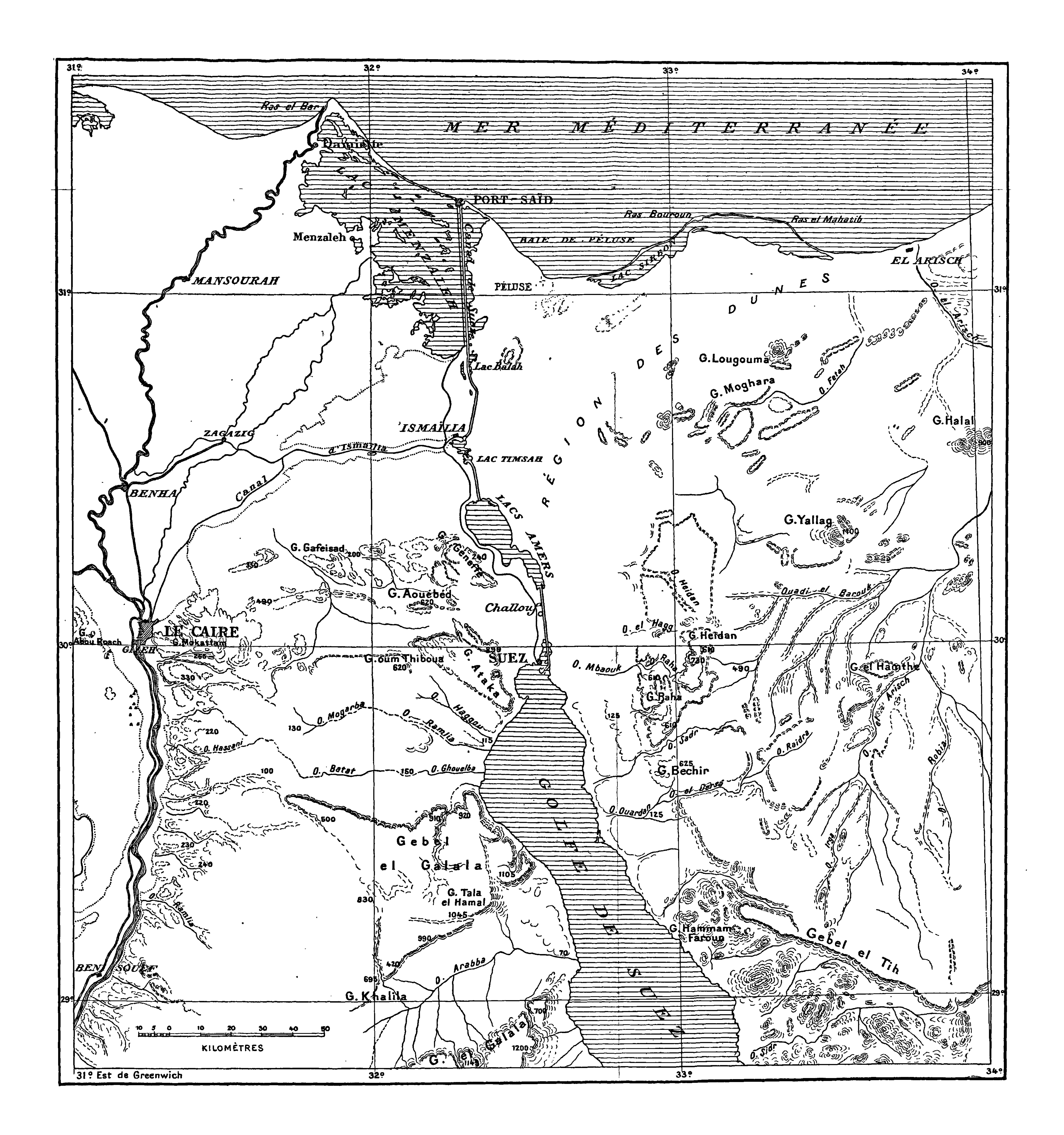
III. Botanique. — Le développement des Urédinées.

Vu et approuvé :
Lille, le 26 janvier 1921.

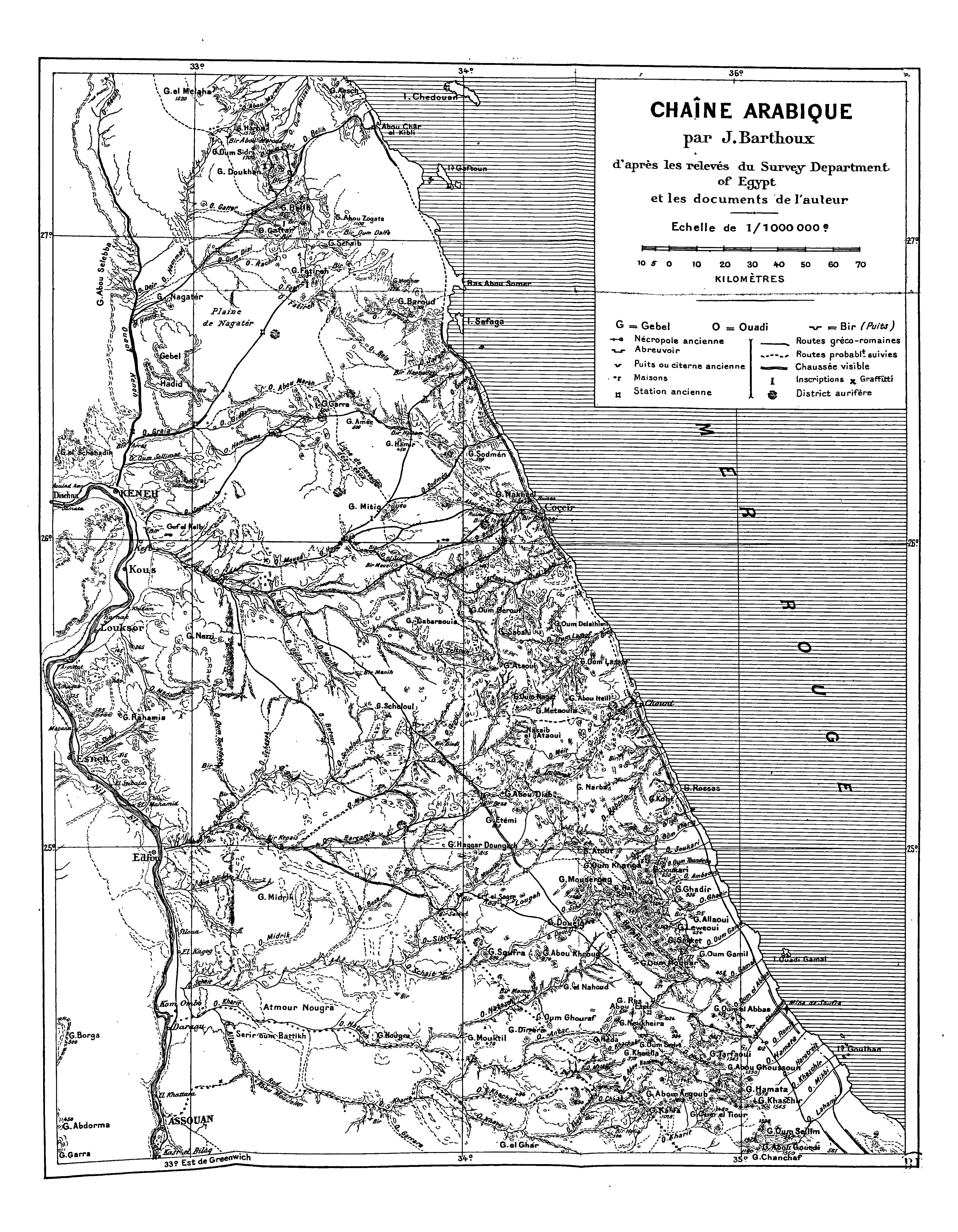
Le Doyen,
B. C. Damien.

Vu et permis d'imprimer :
Lille, le 28 janvier 1921.


Le Recteur de l'Académie,
G. Lyon.



MER MÉDITERRANÉE
Ras el Bar
Damiette
LAC MENZALEH
PORT-SAÏD
Menzaleh
Canal de Suez
Ras Bouroun
Ras el Mahatib
BAIE DE PÉLUSE
LAC SIRBON
EL ARISCH
MANSOURAH
PÉLUSE
RÉGION DES DUNES
G. Lougouma
G. Moghara
Lac Balah
ISMAÏLIA
ZAGAZIG
LAC TIMSAH
G. Halal
BENHA
Canal
LACS AMERS
G. Yallag
G. Gafeisad
G. Geneffe
G. Aouébed
Challouf
Quadi el Barouk
LE CAIRE
G. Mokattam
GIZEH
G. Abou Roach
G. Heidan
SUEZ
G. oum Thiboua
G. Ataka
O. Mbaouk
G. el Hamthe
G. Raha
O. Mogarba
O. Ramlia
O. Hassani
O. Batat
O. Ghouelba
G. Bechir
O. Raidra
O. Ouardan
GOLFE DE SUEZ
Gebel el Galala
G. Tala el Hamal
G. Hammam Faroun
Gebel el Tih
BENI SOUEF
O. Arabba
G. Khalila
KILOMÈTRES
O. Sidr
31° Est de Greenwich
32°
33°
34°



CHAÎNE ARABIQUE
par J. Barthoux
d'après les relevés du Survey Department of Egypt
et les documents de l'auteur
Echelle de 1/1000000e
10 5 0 10 20 30 40 50 60 70
KILOMÈTRES
G = Gebel
O = Ouadi
= Bir (Puits)
Nécropole ancienne
Abreuvoir
Puits ou citerne ancienne
Maisons
Station ancienne
Routes gréco-romaines
Routes probablt suivies
Chaussée visible
Inscriptions
Graffitti
District aurifère
MER ROUGE
33°
34°
35°
27°
26°
25°
33° Est de Greenwich
G. el Melaha
I. Chedouan
Abou Châr el Kibli
G. Oum Sidri
G. Doukhan
I. Gaftoun
G. Belih
G. Abou Zogata
G. Gattar
G. Schaib
G. Fatireh
G. Abou Selebba
G. Nagatér
Plaine de Nagatér
Ras Abou Somer
G. Baroud
I. Safaga
Gebel Hadid
Ouadi Keneh
G. Garra
G. Amer
G. Hamir
G. Sodmén
G. el Schehadin
KENEH
Dischna
G. Mitiq
G. Nakheil
Coçeir
Kous
Louksor
Karnak
G. Nezzi
G. Oum Gerouf
G. Gabaraouia
G. Ataoui
G. Oum Lassaf
G. Scheloul
G. Metaouia
Nasaib el Ataoui
G. Rahamia
Esneh
G. Narbac
G. Rossas
G. Abou Diab
G. Etémi
G. Haggar Doungach
Edfou
G. Atout
G. Oum Kharigua
G. Mouderreg
G. Ghadir
G. Midrik
G. Allaoui
G. Leweoui
G. Douaig
G. Soufra
G. Abou Khoroug
G. Oum Gamil
I. Ouadi Gamal
Kom Ombo
Atmour Nougra
G. el Nahoud
G. Oum el Abbas
Mina de Soufra
Daraou
G. Borga
Serir oum Battikh
G. Nougra
G. Mouktil
G. Dirrera
G. Oum Ghouraf
G. Tarfaoui
G. Abou Ghoussoun
Is Goulhan
G. Hamata
G. Khaschir
El Khattara
G. Abou Regoub
ASSOUAN
G. Abdorma
G. Oum el Tiour
G. Oum Selim
G. Abou Gouadi
G. Garra
G. el Ghar
G. Chanchaf



CARTE
DE
L'ISTHME DE SUEZ
Topographique, Archéologique et Géologique,
dressée sur l'initiative
de la Compagnie universelle du Canal maritime de Suez
sous la présidence du Prince A. d'ARENBERG
par
Jules Barthoux
1913
LÉGENDE
Sable
Gypse
Grès
Calc
Pliocène-Pleistocène
Helvétien
Burdigalien
Miocène
Moquattam supér.r
d.o infér.r
Nummulitique
Emschérien-Aturien
Turonien
Cénomanien
Crétacé
Basalte
Faille
Faille hypothétique
Marécage
Palmeraie
Ruines, Nécropoles ou Tombes isolées
Station ancienne
Route ancienne
Puits, Carrière
Mosquée, Koubbeh ou Cheikh
Ketib ou He'r, K. — Dune
Tell — Colline
Gebel, G.l — Montagne
Hamada — Désert pierreux
Sabkha — Plaine gypseuse sans végétation
Themaïl — Marais salé
Ouadi, O. — Vallée
Bir — Puits
Echelle
0 5 10 15 20 Km.
Travaux consultés: Relevés et cartes de Linant-Bey et Voisin-Bey.
Schweinfurth: Aufnamen in der östl. Wüste II 1884-1886.
Survey Depart.t of Egypt: Map of Egypt. 1:1000000, 1909 et 1:10000, 1911.
Baron: Topogr. District Cairo-Suez. Le Caire 1907.
Relevés récents de la Compagnie universelle du Canal maritime de Suez.
Recherches archéologiques de M.r Jean Clédat.
MER MÉDITERRANÉE
Baie de Péluse
PORT-SAÏD
Lac Menzaleh
Ras el Ech
El Tineh
Le Cap
El Kantara
Ballah
El Ferdane
ISMAÏLIA
Lac Timsah
Toussoum
Serapeum
Le Déversoir
Grand Lac Amer
Kabret
Petit Lac Amer
Geneffe
Chalouf
la Plaine
SUEZ
Taufik
CANAL MARITIME
MER ROUGE
Dunes en partie fixes
ARABES TERRABIN'
ARABES AÏAÏDA
ARABES MESSAÏD
ARABES AMERIN
Gebel Garra
Gebel Geneffe
Gebel el Ataqa
Gebel el Raha
Hamadat
30° Long. E. Paris
32°20'15" Long. E. Gr.
A. Simon